

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté d'éducation

**Manuels scolaires et savoirs disciplinaires en sciences et technologies : Résultats
d'une analyse de la documentation scientifique**

par Patrick Roy

Mémoire de maîtrise présenté à la Faculté d'éducation
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès Arts (M.A.)
Maîtrise en sciences de l'éducation

Octobre 2010

© Patrick Roy, 2010

V- 873



Library and Archives
Canada

Published Heritage
Branch

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Direction du
Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file *Votre référence*
ISBN: 978-0-494-79792-1
Our file *Notre référence*
ISBN: 978-0-494-79792-1

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.


Canada

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

**Manuels scolaires et savoirs disciplinaires en sciences et technologies : Résultats
d'une analyse de la documentation scientifique**

Patrick Roy

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Johanne Lebrun, présidente du jury

Abdelkrim Hasni, directeur de recherche

Colette Deaudelin, codirectrice de recherche

Mémoire soutenu le 19 octobre 2010

RÉSUMÉ

Cette recherche consiste en une analyse de la documentation scientifique qui s'est intéressée aux manuels scolaires et à leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies. Trente-trois études ont été analysées sous l'angle de leurs objectifs, de leurs cadres de référence, de leurs méthodologies et de leurs résultats. Les résultats montrent : a) une prédominance des études sur les manuels comme objet d'étude, b) des constats très critiques sur la manière dont les manuels abordent les savoirs disciplinaires, c) les effets positifs de l'utilisation de certaines approches pédagogiques sur les apprentissages disciplinaires, d) les retombées positives d'une formation des enseignants centrée sur une utilisation stratégique des manuels. Des implications des résultats de cette étude sur la production des manuels et sur leur utilisation en classe, ainsi que des pistes de recherche à développer dans le domaine sont également présentées.

Mots clés : manuels scolaires; savoirs disciplinaires, concept, conceptualisation; modèle; modélisation; sciences et technologies; enseignement primaire et secondaire.

SOMMAIRE

Malgré la diversité des apprentissages que peut viser un enseignement scientifique et technologique, plusieurs chercheurs (Aikenhead, 1981, 1984; Astolfi et Develay, 2002; Beane, 1997; Dentant et Fourez, 1998; Englebert-Lecompte, Fourez et Mathy, 1998; Fourez, 1994, 1995; Hasni, 2005*a*, 2009, 2010; Hodson, 1998) s'accordent sur le fait que les savoirs disciplinaires doivent occuper une place importante pour le développement d'une culture scientifique et technologique des élèves. Dans le discours officiel au Québec, ces savoirs s'inscrivent au cœur des objectifs des récents programmes de sciences et technologies du primaire et du secondaire (Gouvernement du Québec, 2001, 2004*a*, 2007*a*). De manière à s'assurer d'une opérationnalisation adéquate des objectifs des programmes d'étude, le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec (MELS) accorde une place centrale aux manuels scolaires pour l'enseignement et l'apprentissage des savoirs disciplinaires (Gouvernement du Québec, 1997, 2007*b*). Ainsi, par les contenus qu'ils proposent, ceux-ci ont une influence non négligeable sur les enseignements et les apprentissages qui se déroulent dans les classes de sciences. Des recherches qui ont été menées au Québec (Astalos, 2000; Hasni et Roy, 2006; Hasni, Moresoli, Lebrun, Marcos, Samson, Owen et Leslie, 2007; Hasni, Moresoli, Samson et Owen, 2009*b*; Morin, 2004) montrent des résultats très critiques sur la manière avec laquelle les manuels scolaires proposent aux enseignants d'aborder les savoirs disciplinaires en sciences et technologies. C'est ainsi que les enseignants québécois se trouvent face à un véritable dilemme. Cette problématique est-elle spécifique au contexte québécois? Que disent les études qui portent sur les manuels scolaires et leur utilisation par les enseignants et les élèves du primaire et du secondaire du point de vue des savoirs disciplinaires ailleurs qu'au Québec? C'est dans ce contexte et cette problématique que s'inscrit notre recherche. Elle consiste en une analyse de la documentation scientifique qui s'est intéressée aux manuels scolaires du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies, et ce, en les considérant selon deux perspectives (Hasni *et al.*,

2009b; Luke, de Castell et Luke, 1989) : les manuels comme objet d'étude et les manuels comme outil du point de vue de leur utilisation par les enseignants et les élèves dans le contexte scolaire. Elle s'appuie sur un cadre conceptuel dont les dimensions renvoient aux trois catégories de savoirs disciplinaires qu'il est nécessaire de considérer pour une éducation scientifique et technologique pour tous les élèves au primaire et au secondaire (Hasni, 2005a; Hasni, Bousadra, Corriveau, Guillemette, Bilani, et Roy, 2009a) : 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire; 2° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école; 3° les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques. Sur le plan méthodologique, une analyse de contenu (Bardin, 2001; Landry, 1993) a permis d'analyser 33 études sous l'angle de leurs objectifs, de leurs cadres de référence, de leurs méthodologies et de leurs résultats. Les principaux résultats qui se dégagent des études analysées montrent : a) une prédominance des études sur les manuels scolaires comme objet d'étude, plus particulièrement au regard des savoirs qui composent la structure disciplinaire en sciences et technologies; b) des résultats très critiques au regard de la manière dont les manuels scolaires de sciences et technologies proposent d'aborder les savoirs disciplinaires; c) les effets positifs de l'utilisation d'approches pédagogiques complémentaires à l'utilisation des manuels scolaires pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires chez les élèves; d) les retombées positives d'une formation des enseignants centrée sur l'utilisation appropriée des manuels scolaires pour les apprentissages disciplinaires chez les élèves. En guise de conclusion sont présentées des implications des résultats de cette recherche sur la production des manuels scolaires et sur leur utilisation par les enseignants et les élèves en classe, ainsi que des pistes de recherche à développer dans le domaine.

Mots clés : manuels scolaires; savoirs disciplinaires; concept; conceptualisation; modèle; modélisation; sciences et technologies; démarches d'enseignement; approches pédagogiques; enseignement primaire; enseignement secondaire.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	3
LISTE DES TABLEAUX	10
LISTE DES FIGURES.....	11
LISTE DES ENCADRÉS.....	12
REMERCIEMENTS	14
INTRODUCTION	15
PREMIER CHAPITRE : LA PROBLÉMATIQUE	19
1. LES SAVOIRS DISCIPLINAIRES COMME VISÉE CENTRALE DE L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE DU POINT DE VUE DES CHERCHEURS	19
1.1 La première composante : les savoirs qui composent la structure disciplinaire.....	20
1.2 La deuxième composante : les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école	22
1.3 La troisième composante : les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques	23
2. LES SAVOIRS DISCIPLINAIRES COMME VISÉE CENTRALE DE L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE DANS LE DISCOURS OFFICIEL	24
2.1 Place des savoirs qui composent la structure disciplinaire dans les nouveaux programmes de sciences et technologies québécois	25
2.2 Place des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école dans les nouveaux programmes de sciences et technologies québécois	28
2.3 Place des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques dans les nouveaux programmes de sciences et technologies québécois.....	29

3.	PLACE ET RÔLE DES MANUELS SCOLAIRES DANS L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE DES SAVOIRS DISCIPLINAIRES	29
4.	QUELQUES RECHERCHES MENÉES AU QUÉBEC SUR LES MANUELS SCOLAIRES ET LEUR UTILISATION DU POINT DE VUE DES SAVOIRS DISCIPLINAIRES.....	31
4.1	Les recherches qui s'intéressent aux savoirs qui composent la structure disciplinaire.....	32
4.2	Les recherches qui s'intéressent aux savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques	37
5.	OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA RECHERCHE	43
DEUXIÈME CHAPITRE : LE CADRE CONCEPTUEL		44
1.	LES SAVOIRS QUI COMPOSENT LA STRUCTURE DISCIPLINAIRE	44
1.1	La notion de concept.....	45
1.1.1	Un concept est un construit qui permet de se donner une vision du monde et d'avoir un pouvoir d'action sur celui-ci.....	45
1.1.2	Un concept est une entité structurée	48
1.1.3	Un concept est un nœud dans un réseau de relations avec d'autres concepts.....	53
1.1.4	Un concept peut être défini selon plusieurs niveaux de formulation	58
1.2	La notion de modèle	63
1.2.1	Les types de modèles.....	63
1.2.2	Les caractéristiques d'un modèle	63
1.2.3	Les fonctions des modèles.....	65
1.3	Les notions de conceptualisation et de modélisation.....	69
1.3.1	Quatre catégories de modèles d'intervention éducative	71
1.3.2	Les démarches à caractère scientifique.....	76
2.	LES SAVOIRS EN LIEN AVEC LES PROBLÉMATIQUES INDIVIDUELLES OU SOCIALES DE LA VIE HORS DE L'ÉCOLE	89

3.	LES SAVOIRS SUR LES SAVOIRS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES	91
3.1	Comment considérer le travail des scientifiques?	92
3.2	Comment accéder aux savoirs scientifiques?	93
3.3	Comment considérer les liens entre l'activité scientifique et le monde?.....	95
4.	LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES	97

TROISIÈME CHAPITRE : LA MÉTHODOLOGIE 99

1.	LA DÉLIMITATION DE L'OBJET D'ÉTUDE	99
2.	LA CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON	100
3.	LES PROCÉDURES DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES	102

QUATRIÈME CHAPITRE : LES RÉSULTATS 109

1.	LES OBJECTIFS RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES.....	109
1.1	Description des objectifs de la catégorie 1 : représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies.....	111
1.2	Description des objectifs de la catégorie 2 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants	119
1.3	Description des objectifs de la catégorie 3 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves.....	121
2.	LES CADRES DE RÉFÉRENCE RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES	124
3.	LES MÉTHODOLOGIES RETENUES PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES	127
3.1	Modes d'échantillonnage.....	128
3.2	Procédures de recueil des données	131
3.3	Procédures d'analyse des données.....	135

4.	LES PRINCIPAUX RÉSULTATS QUI SE DÉGAGENT DES ÉTUDES ANALYSÉES	142
4.1	Description des résultats de la catégorie 1 : représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies.....	142
4.2	Description des résultats de la catégorie 2 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants.....	153
4.3	Description des résultats de la catégorie 3 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves.....	159

CINQUIÈME CHAPITRE : LA DISCUSSION DES RÉSULTATS 163

1.	LES OBJECTIFS RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES.....	163
2.	LES CADRES DE RÉFÉRENCE RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES	164
3.	LES MÉTHODOLOGIES RETENUES PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES	165
4.	LES PRINCIPAUX RÉSULTATS QUI SE DÉGAGENT DES ÉTUDES ANALYSÉES	166
5.	QUELQUES LIMITES DE LA RECHERCHE	174

CONCLUSION 176

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 182

ANNEXE 1 – LISTE DES ARTICLES DE L'ÉCHANTILLON..... 197

ANNEXE 2 – LA GRILLE D'ANALYSE..... 200

ANNEXE 3 – LISTE DES REVUES SPÉCIALISÉES EN ÉDUCATION SCIENTIFIQUE CONSULTÉES POUR LA CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON 205

ANNEXE 4 – LISTE DES MOTS CLÉS UTILISÉS POUR GÉNÉRER LES ARTICLES DANS LES BASES DE DONNÉES *ERIC* ET *FRANCIS* 206

ANNEXE 5 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES D’OBJECTIFS DES ÉTUDES ANALYSÉES	207
--	------------

ANNEXE 6 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES CADRES DE RÉFÉRENCE DES ÉTUDES ANALYSÉES	209
--	------------

ANNEXE 7 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES MODES D’ÉCHANTILLONNAGE DES ÉTUDES ANALYSÉES SELON FORTIN (1996)	211
--	------------

ANNEXE 8 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES PROCÉDURES DE RECUEIL DES DONNÉES DES ÉTUDES ANALYSÉES	213
--	------------

ANNEXE 9 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES PROCÉDURES D’ANALYSE DES DONNÉES DES ÉTUDES ANALYSÉES SELON MILES ET HUBERMAN (2003)	216
--	------------

ANNEXE 10 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES RÉSULTATS DES ÉTUDES ANALYSÉES	219
---	------------

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fréquence des études (N) selon les catégories et les sous-catégories d'objectifs des études	110
Tableau 2 : Nature des cadres de référence selon les catégories et sous-catégories des études	125
Tableau 3 : Fréquence des études (N) selon les modes d'échantillonnage	128
Tableau 4 : Fréquence des études (N) selon les procédures de recueil des données.....	131
Tableau 5 : Procédures d'analyse des données selon les catégories d'étude	135

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principales composantes à considérer pour une éducation scientifique et technologique pour tous (Hasni, 2005a).....	20
Figure 2 : Relation entre les apprentissages disciplinaires en sciences et technologies et les approches pédagogiques (Hasni et Lenoir, à paraître)	22
Figure 3 : La notion de concept empirique selon Barth (1987, p. 22)	49
Figure 4 : Exemple de réseau conceptuel simplifié du concept de “fruit” et du concept de “reproduction sexuée des plantes” (Hasni et Roy, 2006)	54
Figure 5 : Exemple d’une trame conceptuelle du concept de “nutrition végétale” (ordre secondaire par l’élève)	62
Figure 6 : La construction des savoirs conceptuels à l’école : un processus circulaire (Hasni <i>et al.</i> , 2009a)	86

LISTE DES ENCADRÉS

Encadré n° 1 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs aux aspects conceptuels abordés dans les manuels scolaires	112
Encadré n° 2 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs aux liens entre les savoirs conceptuels dans les manuels scolaires.....	112
Encadré n° 3 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs au niveau de complexité des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires	113
Encadré n° 4 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs à la validité scientifique des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires	114
Encadré n° 5 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs à l'explicitation des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires.....	115
Encadré n° 6 :	Extrait illustrant les objectifs relatifs à la place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique et technologique dans les manuels scolaires	115
Encadré n° 7 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs aux liens entre les activités d'apprentissage (ou les démarches) et l'appropriation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires	116
Encadré n° 8 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs à la représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école dans les manuels scolaires	116
Encadré n° 9 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs au sens attribué aux savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires	117
Encadré n° 10 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs à l'évolution sociohistorique des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires.....	118
Encadré n° 11 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs à la vision de l'activité scientifique dans les manuels scolaires	119
Encadré n° 12 :	Extrait illustrant les objectifs relatifs à la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires.....	119
Encadré n° 13 :	Extrait illustrant les objectifs relatifs aux facteurs qui influencent la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires.....	120

Encadré n° 14 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs aux effets des manuels scolaires sur l'enseignement des savoirs disciplinaires	120
Encadré n° 15 :	Extrait illustrant les objectifs relatifs au lien entre l'utilisation des manuels scolaires et la construction de l'identité professionnelle chez les enseignants	120
Encadré n° 16 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs aux effets des manuels scolaires sur l'apprentissage des savoirs conceptuels par les élèves.....	121
Encadré n° 17 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs aux effets de l'utilisation d'approches pédagogiques sur l'apprentissage des savoirs disciplinaires par les élèves.....	123
Encadré n° 18 :	Extraits illustrant les objectifs relatifs au lien entre l'usage des manuels scolaires et les attitudes comportementales des élèves.....	124

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier tout particulièrement notre directeur de recherche, monsieur Abdelkrim Hasni, professeur titulaire à la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke et notre codirectrice de recherche, madame Colette Deaudelin, professeure titulaire et doyenne de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke, non seulement pour leur accompagnement soutenu et leur rigueur scientifique qu'ils nous ont démontrés tout au cours de la réalisation de ce travail, mais aussi pour les grandes qualités humaines qu'ils ont témoignées à notre endroit.

Ces remerciements vont également à madame Johanne Lebrun, professeure titulaire à la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke, pour les précieux commentaires et conseils dont elle nous a fait part lors de la présentation du projet de mémoire.

Nous désirons aussi adresser nos plus sincères remerciements à tous ceux et celles qui nous ont soutenu et encouragé tout au cours de la rédaction de ce mémoire, plus particulièrement monsieur François Lovey et mesdames Marie-Line Gagnon et Lucie Roux.

Enfin, nous désirons remercier madame Solange McElreavy pour la révision linguistique de ce travail.

INTRODUCTION

La place qu'occupent les manuels scolaires dans la mise en œuvre des curriculums officiels est fortement reconnue et soutenue par les ministères de l'Éducation à travers le monde. Au Québec, les manuels scolaires sont considérés comme les principaux outils d'opérationnalisation des programmes d'étude et l'un des moyens de développement professionnel des enseignants dans le contexte de l'implantation des nouvelles réformes scolaires (Gouvernement du Québec, 1997, 2007b). Leur statut exige qu'ils soient sérieusement pris en compte dans les recherches en éducation.

Le présent mémoire de maîtrise consiste en une analyse de la documentation scientifique relativement aux manuels scolaires du point de vue de trois catégories de savoirs disciplinaires en sciences et technologies : 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire; 2° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école; 3° les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques. De manière spécifique, notre recherche porte un regard sur les articles scientifiques qui font état d'une étude empirique sur les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire, et ce, en les considérant sous deux angles différents (Hasni, Moresoli, Samson et Owen, 2009b; Luke, de Castell et Luke, 1989) : 1° les manuels comme objet d'étude, qui véhiculent « une conception du savoir, une manière de considérer l'enseignement et l'apprentissage, une vision du monde, etc. » (Hasni *et al.*, 2009b, p. 86); 2° les manuels comme outil, dans le contexte de leur usage par les enseignants et les élèves.

Dans ce mémoire, divisé en cinq chapitres, nous exposerons donc une synthèse des résultats de 33 études au regard : a) des objectifs poursuivis par les auteurs pour l'étude des manuels scolaires de sciences et technologies; b) des cadres de référence sur lesquels ces auteurs se sont basés pour orienter leurs études; c) des méthodologies (modes d'échantillonnage, procédures de recueil et d'analyse des données) qu'ils ont utilisées pour

analyser les manuels scolaires de sciences et technologies; d) des principaux résultats qui se dégagent de ces études.

Dans le premier chapitre, nous présenterons la problématique de notre recherche. Dans un premier temps, nous aborderons la place centrale qu'occupent les savoirs disciplinaires dans l'éducation scientifique du point de vue des chercheurs, puis dans le discours officiel au Québec, plus particulièrement celui qui est véhiculé dans les récents programmes de sciences et technologies du primaire et du secondaire. Dans un deuxième temps, nous soulignerons la place et le rôle des manuels scolaires pour l'enseignement et l'apprentissage des savoirs disciplinaires en sciences et technologies dans le discours officiel au Québec. Dans un troisième temps, nous exposerons les résultats d'une recension des recherches qui ont été menées au Québec sur les manuels scolaires et leur utilisation du point de vue des savoirs disciplinaires abordés. Ici, nous décrirons chacune de ces recherches, en considérant leurs objectifs, leurs cadres de référence, leurs méthodologies (modes d'échantillonnage, procédures de recueil et d'analyse des données) et les principaux résultats que nous pourrions en dégager du point de vue des savoirs disciplinaires, et ce, de manière à faire ressortir leurs apports pour les acteurs qui s'intéressent à l'éducation scientifique, mais surtout les zones grises qui restent encore à explorer dans les recherches en éducation. Au terme de la problématique, nous exposerons l'objectif général de notre recherche.

Dans le deuxième chapitre, nous présenterons le cadre conceptuel de notre recherche. Celui-ci est divisé en trois parties. Chacune de ces parties exposera de manière détaillée les concepts clés qui sont au cœur des trois principales composantes des savoirs disciplinaires en sciences et technologies que nous avons abordées brièvement dans la problématique. Dans la première partie du cadre conceptuel, nous traiterons des savoirs qui composent la structure disciplinaire. Plus précisément, nous aborderons d'abord la question des savoirs conceptuels (les concepts et les modèles), puis celle de la conceptualisation et de la modélisation du point de vue des démarches d'enseignement-apprentissage mises en œuvre par les enseignants pour la construction des savoirs

conceptuels chez les élèves. Pour aborder ces dernières, nous privilégierons une entrée par les modèles d'intervention éducative (Larose et Lenoir, 1998; Lenoir, 1991; Not, 1979, 1987) pour illustrer les quatre grandes catégories de démarches d'enseignement-apprentissage dans lesquelles peuvent s'inscrire les enseignements et les apprentissages disciplinaires dans le contexte scolaire. Si cette entrée nous permet d'opérationnaliser les aspects liés à la conceptualisation et à la modélisation dans les quatre catégories de démarches d'enseignement-apprentissage, elle nous amène notamment sur le terrain des démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste, soit les démarches à caractère scientifique, qui occupent une place importante dans notre cadre conceptuel. Dans la deuxième partie du cadre conceptuel, nous discuterons brièvement de la question du rapport au savoir avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école en référant essentiellement à deux orientations (Hasni, 2005a; Hasni, Bousadra, Corriveau, Guillemette, Bilani, et Roy, 2009a) : 1° la "contextualisation" comme moyen facilitant l'acquisition des savoirs; 2° la "contextualisation" comme lieu de mobilisation des savoirs scientifiques et technologiques. Dans la troisième partie du cadre conceptuel, nous traiterons de la question des savoirs disciplinaires selon une perspective épistémologique. Ici, nous nous intéresserons à la manière de considérer, selon deux perspectives (Fourez, Englebert-Lecompte et Mathy, 1997) bien distinctes et opposées l'une à l'autre (la perspective empiriste positiviste et la perspective socioconstructiviste) : le travail des scientifiques, l'accession aux savoirs scientifiques et les liens entre l'activité scientifique et le monde. Au terme du cadre conceptuel, nous exposerons les objectifs spécifiques de notre recherche.

Dans le troisième chapitre, nous présenterons la méthodologie de notre recherche. Celle-ci illustrera d'abord les balises que nous avons considérées pour cerner l'objet de notre étude et les étapes qui nous ont permis de construire notre échantillon. Elle exposera ensuite les procédures de recueil et d'analyse des données que nous avons utilisées pour répondre aux quatre objectifs spécifiques de notre recherche. Ici, des précisions seront apportées quant au choix des indicateurs retenus pour l'élaboration des catégories et des critères sur lesquels nous nous sommes basés pour effectuer leur validation.

Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les résultats en fonction des quatre objectifs spécifiques de notre recherche. Autrement dit, nous exposerons les objectifs, les cadres de référence, les méthodologies retenus par les auteurs, ainsi que les principaux résultats qui se dégagent des études analysées.

Dans le cinquième chapitre, nous présenterons la discussion des résultats de notre recherche. Ici, nous ferons ressortir de manière globale les principaux résultats que nous avons dégagés au regard des différents objectifs de notre recherche et nous les interpréterons à la lumière des arguments qui structurent notre problématique et notre cadre conceptuel. Nous discuterons également des limites de notre recherche.

Dans la conclusion, nous présenterons les implications des résultats de notre recherche sur la production des manuels scolaires et sur leur utilisation en classe par les enseignants et les élèves, puis nous proposerons des pistes de recherche à développer dans le domaine. Nous exposerons également les possibilités de réinvestissement des résultats de cette recherche dans notre étude doctorale.

PREMIER CHAPITRE : LA PROBLÉMATIQUE

La problématique est divisée en cinq parties. Dans la première partie, nous présenterons la place qu'occupent les savoirs disciplinaires dans l'éducation scientifique du point de vue des écrits scientifiques dans le domaine, et ce, en illustrant les trois principales composantes des savoirs disciplinaires qu'il est nécessaire de considérer pour une éducation scientifique et technologique de qualité chez tous les élèves du primaire et du secondaire. Dans la deuxième partie, nous démontrerons la place des savoirs disciplinaires dans les discours officiel au Québec et comment ceux-ci sont intégrés dans les orientations des nouveaux programmes d'étude. Dans la troisième partie, nous discuterons de la place et du rôle des manuels scolaires pour l'enseignement et l'apprentissage des savoirs disciplinaires dans le discours officiel au Québec. Dans la quatrième partie, nous ferons état des résultats d'une recension des recherches québécoises qui ont porté sur les manuels scolaires et leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires. Enfin, dans la cinquième partie, nous exposerons l'objectif général de la recherche.

1. LES SAVOIRS DISCIPLINAIRES COMME VISÉE CENTRALE DE L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE DU POINT DE VUE DES CHERCHEURS

Malgré la diversité des apprentissages que peut viser un enseignement scientifique et technologique, les savoirs disciplinaires occupent une place importante pour la formation des élèves en sciences et technologies (Aikenhead, 1981, 1984; Astolfi et Develay, 2002; Beane, 1997; Dentant et Fourez, 1998; Englebert-Lecompte, Fourez et Mathy, 1998; Fourez, 1994, 1995; Hasni, 2005*a*, 2009, 2010; Hodson, 1998). En se basant sur une analyse des écrits scientifiques portant sur les finalités et les contenus propres aux sciences et aux technologies, Hasni (2005*a*) a dégagé trois principales composantes des savoirs disciplinaires qu'il est nécessaire de considérer pour une éducation scientifique et technologique pour tous les élèves du primaire et du secondaire. Ces composantes, que

nous présenterons ici brièvement et que nous élaborerons de manière plus approfondie dans le cadre conceptuel, sont considérées ici comme un modèle, une manière simplifiée de catégoriser les apprentissages disciplinaires scolaires.

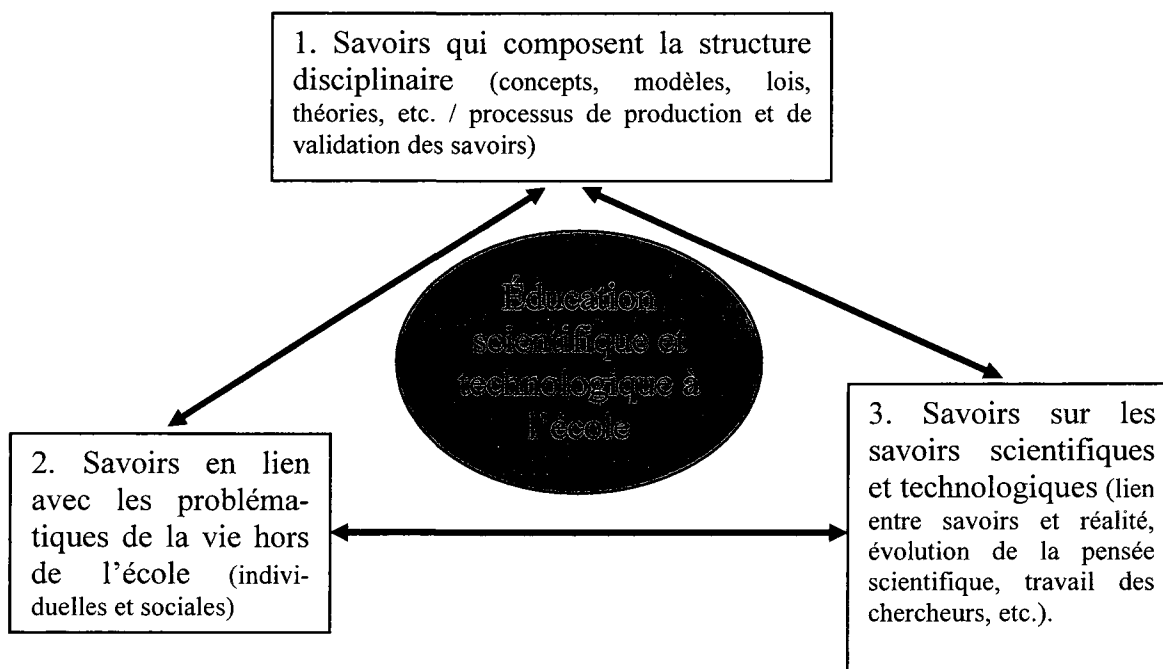


Figure 1 : Principales composantes à considérer pour une éducation scientifique et technologique pour tous (Hasni, 2005a)

1.1 La première composante : les savoirs qui composent la structure disciplinaire

La première composante concerne les savoirs qui structurent la discipline “sciences et technologies”. Elle est principalement composée de trois types de savoirs :

1. Les savoirs conceptuels qui renvoient aux concepts, aux modèles, aux lois, aux théories, etc.;
2. Les savoirs procéduraux qui renvoient aux processus de production et de validation des savoirs, tels que les habiletés de recherche intellectuelles (se poser des questions sur un phénomène scientifique, formuler un problème scientifique, émettre une hypothèse, planifier et valider un scénario d’investigation, recueillir et

organiser des données, analyser des données, observer, inférer, prédire, modéliser, etc.) ou manuelles (ajuster un microscope, utiliser des appareils ou des outils, préparer une solution, etc.) et leur articulation au sein des démarches à caractère scientifique ou technologique (démarche expérimentale, démarche d'observation, démarche de conception d'un objet technologique, démarche d'analyse d'un objet technologique, démarche de modélisation, etc.);

3. Les attitudes intellectuelles (sens de l'initiative, goût du risque intellectuel, rigueur intellectuelle, objectivité, etc.) et comportementales (autonomie, sens des responsabilités, respect de soi et des autres, etc.) qui favorisent l'engagement de l'élève dans les activités scientifiques réalisées en classe.

Si à l'école les démarches à caractère scientifique ou technologique permettent l'appropriation et la mobilisation des savoirs conceptuels chez les élèves, il ne faut pas négliger l'apport des approches pédagogiques non spécifiques à cet enseignement (approche par problème, approche par projet, interdisciplinarité, etc.) pour favoriser les apprentissages disciplinaires. Cependant, comme le rappelle Hasni et Lenoir (à paraître), même si les approches pédagogiques peuvent faire en soi l'objet d'apprentissages à l'école, elles ne figurent pas au rang des visées propres à l'éducation scientifique et technologique, mais plutôt au rang des moyens pour favoriser les apprentissages disciplinaires. La figure 2 illustre la relation entre les apprentissages disciplinaires en sciences et technologies et ces approches pédagogiques.

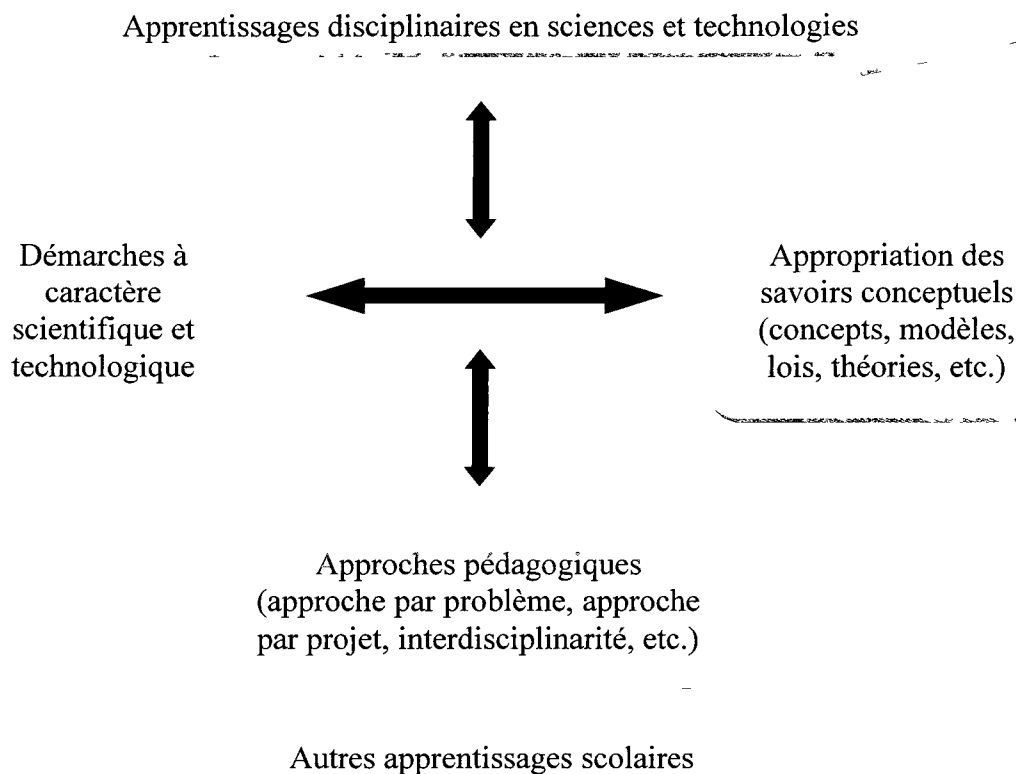


Figure 2 : Relation entre les apprentissages disciplinaires en sciences et technologies et les approches pédagogiques (Hasni et Lenoir, à paraître)

1.2 La deuxième composante : les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école

La deuxième composante concerne le rapport au savoir avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école. Cette composante renvoie essentiellement à deux orientations (Hasni *et al.*, 2009a) : 1° la “contextualisation” comme moyen facilitant l’acquisition des savoirs; 2° la “contextualisation” comme lieu de mobilisation des savoirs scientifiques et technologiques par les apprenants (savoirs pour l’action).

La première orientation réfère à l'importance d'ancrer les savoirs disciplinaires dans des contextes réels et accessibles aux élèves. Beane (1997), dans sa vision de l'enseignement des sciences, insiste sur l'importance de la mobilisation des savoirs disciplinaires en fonction d'un contexte particulier tiré de la réalité des jeunes, et ce, afin de rendre le développement des connaissances plus "significatif" pour eux. Par exemple, faire apprendre aux élèves le concept d'"écosystème" dans le cadre de la construction d'un terrarium peut s'avérer plus bénéfique en termes d'apprentissages que la lecture de ce thème dans les manuels scolaires.

La deuxième orientation inclut, par exemple, ce que certains auteurs (Dentant et Fourez, 1998) appellent les "compétences de l'utilisateur privé" et les "compétences de l'usager citoyen". Fourez (1994) insiste sur l'importance de développer ces deux types de compétences chez les élèves. Selon lui, une personne est alphabétisée scientifiquement et techniquement lorsque ses savoirs lui procurent une certaine autonomie dans ses prises de décision quant aux contraintes naturelles ou sociales, une certaine capacité de communiquer ses idées et une certaine maîtrise et responsabilisation face à des situations concrètes qui concernent l'utilisation des technologies. Être scientifiquement et techniquement alphabétisé, dit-il, c'est :

Savoir comment utiliser ses connaissances en vue d'une décision, et non viser une connaissance n'ayant de valeur que dans une "tour d'ivoire". Sans négliger l'importance culturelle de nos savoirs, il faut aussi pouvoir les utiliser dans l'existence concrète (*Ibid.*, p. 62).

1.3 La troisième composante : les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques

La troisième composante de l'éducation scientifique et technologique concerne l'acquisition d'une connaissance sur les savoirs scientifiques et technologiques. Cette catégorie englobe plus particulièrement ce que certains auteurs (Englebert-Lecompte, Fourez et Mathy, 1998; Fourez, 1995) nomment des compétences d'ordre

épistémologique. Plusieurs chercheurs (Aikenhead, 1981, 1984; Hodson, 1998; Hogan, 2000; Hogan et Maglienti, 2001; Layton, Jenkins, Macgill et Davey, 1993; Lidar, Lundqvist et Ostman, 2005; Sandoval et Reiser, 2004; Wickman, 2004) insistent sur l'importance de développer des fondements épistémologiques en sciences chez les élèves. Comme le rappelle Hasni (2009), ces fondements épistémologiques touchent des questions fondamentales comme les suivantes :

Comment sont nées et se sont développées les sciences et les technologies au cours de l'histoire humaine? Comment sont construites les sciences et comment les scientifiques travaillent-ils? Quel est le lien du savoir avec la réalité? Quels liens entre les savoirs scientifiques et les savoirs technologiques? Quel est l'impact de la société sur leur production? Quels sont leurs effets sur la société? (p. 5).

2. LES SAVOIRS DISCIPLINAIRES COMME VISÉE CENTRALE DE L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE DANS LE DISCOURS OFFICIEL

Au cœur des récentes réformes scolaires au primaire et au secondaire, le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ), aujourd'hui le ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS), a procédé au renouvellement complet de ses programmes de sciences et technologies¹ au niveau de l'enseignement général (primaire et secondaire). Une analyse rapide de ces programmes permet de constater que leurs orientations et leurs contenus rejoignent en grande partie les trois composantes des savoirs disciplinaires considérées ici. Ces composantes, évoquées de manière implicite dans les programmes, s'inscrivent au cœur des objectifs pour le développement d'une culture scientifique et technologique de tous les élèves du Québec (Gouvernement du Québec, 2001, 2004a, 2007a). Nous les expliquerons brièvement dans les paragraphes qui suivent.

¹ Alors que le MELS désigne la discipline "science et technologie" au singulier, nous préférons utiliser le pluriel pour désigner "les sciences et les technologies" du fait qu'il existe plusieurs sciences et plusieurs technologies.

2.1 Place des savoirs qui composent la structure disciplinaire dans les nouveaux programmes de sciences et technologies québécois

Du point de vue des savoirs qui composent la structure disciplinaire, les programmes d'étude insistent sur l'importance d'amener les élèves à s'approprier les savoirs conceptuels désignés sous l'appellation de "savoirs essentiels" au primaire et de "concepts prescrits" au secondaire (Gouvernement du Québec, 2001, 2004a, 2007a). Au primaire, les savoirs essentiels renvoient principalement à des concepts scientifiques et :

Se répartissent en trois grands domaines avec lesquels l'élève doit être mis en contact : l'univers matériel, la Terre et l'Espace, l'univers vivant. Ils s'articulent autour de quelques concepts unificateurs qui permettent de faire des liens entre les domaines : la matière; l'énergie; les forces et les mouvements; les systèmes et l'interaction (Gouvernement du Québec, 2001, p. 157).

Au secondaire, les concepts prescrits sont regroupés dans un contenu de formation divisé en quatre grands univers (Univers matériel, Univers vivant, Terre et espace, Univers technologique) inspirés de ceux des programmes de sciences et technologies du primaire. Outre les concepts scientifiques, les lois, les modèles et les théories scientifiques figurent au rang des savoirs prescrits. Au premier cycle du secondaire par exemple, les élèves doivent faire l'étude des différents modèles de structure de la matière qui ont été proposés au cours de l'histoire pour expliquer les propriétés et les transformations de la matière (Gouvernement du Québec, 2004a).

Les habiletés de recherche sont également au cœur des apprentissages disciplinaires de base des nouveaux programmes d'étude. Par ailleurs, les programmes soulignent le lien important entre les habiletés de recherche et la mise en œuvre des démarches à caractère scientifique ou technologique. En effet, si les habiletés manuelles « renvoient à des procédés méthodiques qui balisent l'application efficace de connaissances théoriques » (*Ibid.*, p. 290), les habiletés intellectuelles propres aux sciences

et aux technologies « permettent de mener une démarche de résolution de problèmes ou d'explorer et d'étudier les éléments d'une situation » (*Ibid.*, p. 290).

Par le biais des compétences d'ordre méthodologique « Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique » (Gouvernement du Québec, 2001, p. 151) et « Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique » (Gouvernement du Québec, 2007a, p. 277), les nouveaux programmes d'étude du primaire et du secondaire mettent l'accent sur les démarches à caractère scientifique ou technologique. Au fur et à mesure que les élèves progressent dans leur formation scientifique, ceux-ci doivent maîtriser un plus grand nombre de démarches. En effet, au premier cycle du secondaire, les élèves doivent faire appel aux démarches d'investigation scientifique (comme la démarche d'observation et la démarche expérimentale) et aux démarches technologiques (comme les démarches d'analyse et de conception d'un objet technologique). Au deuxième cycle du secondaire, ils doivent en plus recourir à la démarche de modélisation.

L'un des points importants qui mérite d'être soulevé dans ces nouveaux programmes d'étude est celui du recours aux démarches à caractère scientifique ou technologique pour la conceptualisation des savoirs. Dans le programme du premier cycle du secondaire par exemple, on y mentionne que la première compétence disciplinaire « est axée sur l'appropriation de concepts² et de stratégies à l'aide des démarches d'investigation et de conception qui caractérisent respectivement le travail du scientifique et celui du technologue » (Gouvernement du Québec, 2004a, p. 268) et que « l'appropriation des méthodes et des démarches propres à la discipline demande en effet que l'on connaisse et mobilise les concepts et les langages qui y correspondent » (*Ibid.*, p. 269). Cette place importante accordée à la première compétence disciplinaire pour la construction des savoirs conceptuels dans les programmes d'étude a une

² Les concepts à l'étude proviennent de divers champs disciplinaires, soit la géologie, l'astronomie, la biologie, la chimie, la physique, et les technologies et sont liées à l'un ou l'autre des univers du programme : univers matériel, univers vivant, univers technologique et Terre et espace.

conséquence importante sur l'enseignement des savoirs en classe : la manière dont les enseignants abordent les savoirs conceptuels ne peut se résumer à une transmission d'informations.

De notre point de vue, la manière dont les programmes d'étude traitent de la relation compétence / savoirs disciplinaires s'avère plutôt problématique. En effet, certains extraits comme celui-ci, dans le programme de sciences et technologies du deuxième cycle du secondaire, laissent croire aux enseignants que les compétences sont plus importantes que les savoirs qui composent la structure disciplinaire, ou du moins que les savoirs disciplinaires sont considérés seulement à titre de ressources pour le développement des compétences disciplinaires : « Les concepts prescrits de même que les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques ciblées dans ce programme constituent des ressources pour le développement des compétences » (Gouvernement du Québec, 2007a, p. 24). Lorsque c'est la première compétence disciplinaire qui est considérée, celle qui renvoie aux démarches à caractère scientifique ou technologique, cela se traduit par le fait que les démarches à caractère scientifique ou technologique sont uniquement considérées comme des processus où les élèves mobilisent ou valident des savoirs déjà acquis. Ainsi, le recours à des démarches à caractère scientifique ou technologique pour conceptualiser les savoirs risque d'être complètement escamoté. Par ailleurs, le problème est encore plus grand dans la mesure où les enseignants recourent plus fréquemment à la deuxième compétence disciplinaire, puisque la mise en œuvre de cette compétence repose exclusivement sur la mobilisation de savoirs conceptuels déjà acquis chez les élèves. En effet, la deuxième compétence disciplinaire « qui consiste à mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques suppose que l'on s'est approprié certains concepts fondamentaux nécessaires à la compréhension de divers phénomènes ou à l'analyse d'objets techniques » (Gouvernement du Québec, 2004a, p. 278).

Enfin, les attitudes intellectuelles (curiosité, sens de l'initiative, goût du risque intellectuel, rigueur intellectuelle, objectivité, etc.) et les attitudes comportementales (discipline personnelle, autonomie, persévérance, esprit d'équipe, souci du travail bien

fait, etc.) constituent une autre catégorie de savoirs qui composent la structure disciplinaire et que l'on retrouve dans ces nouveaux programmes d'étude. Selon le MELS, l'adoption d'attitudes propices à l'activité scientifique faciliterait l'engagement de l'élève dans les démarches utilisées et sa responsabilisation par rapport à lui-même et à la société (*Ibid.*).

2.2 Place des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école dans les nouveaux programmes de sciences et technologies québécois

Par le biais de la deuxième compétence disciplinaire « Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques », les nouveaux programmes d'étude mettent l'accent sur la conceptualisation et la mobilisation des savoirs en sciences et en technologies dans des problématiques de la vie quotidienne (Gouvernement du Québec, 2004a, 2007a).

Les domaines généraux de formation et les repères culturels des programmes constituent également des points d'ancrage essentiels pour “contextualiser” les situations d'apprentissage et faire en sorte que les élèves puissent construire des savoirs en lien avec les problématiques de la vie hors de l'école. Dans la mesure du possible, les enseignants doivent proposer aux élèves des situations qui s'inspirent :

De phénomènes naturels, de questions d'actualité, de problèmes du quotidien ou de grands enjeux de l'heure. Les préoccupations en matière de consommation, d'environnement, de santé, de bien-être, d'économie et de gestion responsable des ressources sont autant de sujets qui mettent à contribution la science et la technologie et qui peuvent éveiller l'intérêt de l'élève (Gouvernement du Québec, 2004a, p. 272).

En ce qui concerne les repères culturels, on suggère fortement aux enseignants de s'y référer pour ancrer leurs situations d'apprentissage et d'évaluation « dans la réalité sociale, culturelle ou quotidienne de l'élève » (Gouvernement du Québec, 2007a, p. 24).

2.3 Place des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques dans les nouveaux programmes de sciences et technologies québécois

Les nouveaux programmes d'étude se préoccupent également de développer des compétences d'ordre épistémologique chez les élèves. Au secondaire par exemple, cette idée est véhiculée de manière implicite dans la deuxième compétence disciplinaire « Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques ». En effet, par le biais de cette compétence, on invite les élèves à réfléchir sur la nature même des savoirs scientifiques et technologiques, sur leur évolution sociohistorique et leurs multiples retombées dans les différentes sphères de l'activité humaine. En effet, la deuxième compétence disciplinaire fait appel :

À des connaissances relatives à la manière dont les savoirs scientifiques et technologiques sont construits, standardisés, acquis et utilisés ainsi qu'aux rapports qu'ils entretiennent avec d'autres sphères de l'activité humaine. Ces connaissances s'avèrent essentielles pour comprendre les relations entre ces domaines et la société. En effet, pour en apprécier les diverses retombées et en évaluer les nombreuses conséquences, il importe de ne pas aborder les savoirs scientifiques et technologiques de manière isolée, sans prendre en considération les contextes sociaux et historiques dans lesquels ils sont produits, transmis et utilisés (Gouvernement du Québec, 2004a, p. 278).

3. PLACE ET RÔLE DES MANUELS SCOLAIRES DANS L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE DES SAVOIRS DISCIPLINAIRES

Au Québec, la place qu'occupent les manuels scolaires dans l'enseignement et l'apprentissage des disciplines scolaires est fortement reconnue par le MELS (Gouvernement du Québec, 1997, 2004b, 2007b). En parallèle avec l'implantation des récentes réformes scolaires au primaire et au secondaire, le MELS a reconduit les manuels scolaires comme étant des outils qui conditionnent « largement l'enseignement et l'apprentissage » (Gouvernement du Québec, 1997, p. 34). Le manuel et le guide d'enseignement, souligne le MELS, « doivent couvrir entièrement un programme disciplinaire » (Gouvernement du Québec, 2007b, p. 2). Par ailleurs, le MELS attribue cinq fonctions principales au manuel scolaire en ce sens qu'il a une fonction de soutien, une

fonction de médiation, une fonction de référence, une fonction culturelle et une fonction de représentation des valeurs sociétales (*Ibid.*).

Afin de s'assurer que les manuels scolaires répondent aux orientations des nouveaux programmes d'étude, le MELS annonçait par le biais de l'énoncé de politique éducative *L'école, tout un programme* qu'il prévoyait « redéfinir la notion de matériel didactique de base et les critères relatifs à son évaluation, et réviser le statut des ouvrages de référence courants, de manière à introduire une plus grande rigueur scientifique et à proposer des démarches d'apprentissage plus dynamiques » (Gouvernement du Québec, 1997, p. 14). Par cet énoncé et par les cinq fonctions qu'il attribut au manuel scolaire, le MELS accorde une place importante aux manuels scolaires pour l'enseignement et l'apprentissage des disciplines scolaires.

Une analyse rapide des critères proposés par le MELS pour l'évaluation des aspects pédagogiques du matériel didactique de l'enseignement primaire et secondaire dans son document intitulé *Évaluation des aspects pédagogiques du matériel didactique — Enseignement primaire et secondaire* (Gouvernement du Québec, 2004b) montre que la majorité des critères d'évaluation (cinq critères parmi les six) permettent d'évaluer des dimensions autres que celles liées aux savoirs disciplinaires en sciences et technologies. En effet, ces critères sont principalement centrés sur l'adéquation des approches pédagogiques générales (non spécifiques à l'enseignement des sciences) ou de l'évaluation des apprentissages avec une approche par compétences, sur l'apport des contenus pour le rehaussement culturel des élèves, sur la qualité de la langue ou encore sur la présence et la qualité de certains facilitateurs pédagogiques (comme l'adéquation des situations d'apprentissage aux intérêts des élèves, l'exploitation de sujets variés au travers des situations d'apprentissage proposées ou la présence de pistes pour la gestion de la classe dans le guide d'enseignement). Par ailleurs, si un seul critère, soit celui concernant "l'exactitude des contenus du matériel didactique", permet de s'assurer de la qualité du contenu des manuels scolaires du point de vue des savoirs disciplinaires, celui-ci est centré exclusivement sur l'exactitude scientifique des savoirs disciplinaires. Ainsi, plusieurs

aspects des savoirs disciplinaires ne sont guère pris en considération, par exemple la nécessité d'examiner les préconceptions des élèves au regard des savoirs conceptuels ou l'importance d'amener les élèves à problématiser. Les critères qui balisent l'évaluation des manuels scolaires laissent donc beaucoup de place à l'interprétation des orientations des nouveaux programmes d'étude par les éditeurs de manuels scolaires. Cette grande marge de manœuvre qui leur est accordée peut avoir comme conséquence d'entraîner une multiplicité de perspectives quant à la manière d'aborder l'enseignement et l'apprentissage des savoirs disciplinaires dans la classe de sciences.

Dans la section suivante, nous exposerons quelques résultats de recherches qui ont été menées au Québec et qui montrent des lacunes importantes sur la manière dont les savoirs disciplinaires sont pris en considération par les auteurs de manuels scolaires.

4. QUELQUES RECHERCHES MENÉES AU QUÉBEC SUR LES MANUELS SCOLAIRES ET LEUR UTILISATION DU POINT DE VUE DES SAVOIRS DISCIPLINAIRES

Une recension des écrits³ nous a permis de constater que la majorité des recherches qui ont été réalisées au Québec depuis les dix dernières années sur les manuels scolaires et leur utilisation du point de vue des savoirs disciplinaires ont été effectuées principalement dans trois disciplines : 1° l'histoire; 2° la géographie; 3° le français. À notre connaissance, seulement six recherches ont été réalisées en sciences et technologies. La moitié de ces recherches (Hasni et Roy, 2006; Hasni *et al.*, 2007, 2009b) réfère à des travaux qui ont été menés au Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences (CREAS⁴). L'autre moitié a été réalisée dans le cadre de deux mémoires de maîtrise (Jean Baptiste, 2007; Morin, 2004) et d'une thèse de doctorat (Astalos, 2000). Tandis que la première moitié des recherches s'est intéressée aux savoirs composant la structure disciplinaire, la deuxième moitié s'est intéressée aux savoirs sur les savoirs scientifiques et

3 Cette recension ne prétend pas être exhaustive. Elle ne concerne que les lieux de publication importants au Québec. Les articles québécois qui ont été publiés ailleurs qu'au Québec n'ont pas été considérés.

4 Le CREAS est une composante de la faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke.

technologiques. Nous n'avons recensé aucune recherche qui a abordé la question des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école.

Dans les paragraphes qui suivent, nous décrirons chacune des ces recherches, en considérant leurs objectifs, leurs cadres de référence, leurs méthodologies (procédures de recueil et d'analyse des données) et les principaux résultats que nous pouvons en dégager du point de vue des savoirs disciplinaires, et ce, de manière à faire ressortir leurs apports pour les acteurs qui s'intéressent à l'éducation scientifique, mais également les zones grises qui restent encore à explorer dans les recherches en éducation.

4.1 Les recherches qui s'intéressent aux savoirs qui composent la structure disciplinaire

Hasni et Roy (2006) ont analysé comment les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire proposent aux enseignants d'aborder des concepts de biologie avec leurs élèves. Pour effectuer leur analyse, ils se sont appuyés sur un cadre conceptuel inspiré de travaux en didactique des sciences (Astolfi et Develay, 2002) portant sur les concepts et la conceptualisation. Une grille d'analyse a été conçue à partir de ce cadre conceptuel et utilisée pour analyser chacune des activités de deux collections du primaire, en considérant en même temps le manuel de l'élève et le guide de l'enseignant. Les résultats de cette recherche montrent que : a) les concepts scientifiques sont présentés comme de simples faits ou, au mieux, une terminologie qu'on définit dans un glossaire ou dont on cherche la définition dans un dictionnaire; b) les activités présentées ignorent complètement les démarches de conceptualisation. Autrement dit, ce ne sont jamais les élèves qui, à partir d'une mise en situation, posent le problème ou les questions de recherche : dans les activités d'apprentissage proposées, les problèmes à résoudre et les questions de recherche retenues sont dictés aux élèves. Par ailleurs, ce ne sont jamais les élèves qui proposent des pistes de solution pour résoudre les problèmes auxquels ils sont confrontés : les protocoles sont déjà fournis dans leurs moindres détails et on demande aux élèves d'appliquer les protocoles proposés et de noter des observations selon une

procédure préétablie; c) la prise en considération de la cohérence verticale (niveau de conceptualisation, en fonction du niveau scolaire des élèves) et de la cohérence horizontale (liens entre concepts et leur inscription dans une trame conceptuelle donnant sens au savoir) des savoirs essentiels n'est pas assurée dans les activités analysées.

Hasni *et al.* (2007) se sont intéressés aux démarches d'enseignement-apprentissage et à l'interdisciplinarité dans les manuels de sciences et technologies du premier cycle secondaire au Québec et en Ontario. Ils ont analysé trois collections de manuels scolaires de sciences en considérant trois orientations qui structurent les programmes d'étude dans les deux provinces canadiennes (le Québec et l'Ontario) : 1° les démarches d'enseignement-apprentissage associées aux démarches à caractère scientifique; 2° les finalités de l'enseignement des sciences et technologies; 3° l'interdisciplinarité. Les démarches scientifiques et l'interdisciplinarité sont les deux concepts sur lesquels ils se sont basés pour réaliser leur analyse. Du point de vue méthodologique, les analyses des manuels retenus ont été effectuées à deux niveaux. Le premier niveau d'analyse réfère au discours introductif du guide de l'enseignant. Une grille qui renvoie à certaines dimensions (comme les finalités éducatives, la définition des approches et démarches d'enseignement retenues, la justification du recours à ces démarches, les modalités de leur mise en œuvre et les liens interdisciplinaires) a été utilisée pour repérer les passages qui traitent de l'une ou de l'autre des dimensions retenues. Par la suite, les chercheurs ont recouru à l'analyse de contenu par catégorisation (Bardin, 2001) pour repérer, transcrire et découper en unités de sens, les passages retenus et les attribuer dans les différentes catégories de la grille. Le deuxième niveau d'analyse concerne les situations d'apprentissage qui proposent aux enseignants des manières d'opérationnaliser les démarches à caractère scientifique. Dans un premier temps, ils ont repéré toutes les situations d'apprentissage dans lesquelles les concepteurs disent recourir à ces démarches, et ce, de manière à connaître le nombre de situations d'apprentissage pour lesquelles les concepteurs disent recourir à ces démarches, et à ne prendre en considération dans les analyses que les situations qui sont explicitement identifiées à ces démarches. Dans un deuxième temps, des situations retenues au hasard ont été analysées en respectant le

déroulement de la démarche proposée par chacun de ces manuels, et ce, de manière à transcrire chacune des tâches des élèves et décrire pour chacune d'elles le rôle assumé par les élèves et celui qui revient à l'enseignant ou au manuel.

Les résultats de cette recherche démontrent, entre autres, des constats très critiques du point de vue des démarches d'enseignement-apprentissage, notamment sur le plan de la problématisation, de la planification et de la mise en œuvre des démarches d'investigation, ainsi que sur le lien entre les démarches à caractère scientifique et l'acquisition des savoirs scientifiques.

Du point de vue de la problématisation, les manuels scolaires n'offrent pas d'occasions aux élèves d'élaborer un problème et de formuler des questions de recherche. Dans la plupart des cas, les questions et les hypothèses proposées par le manuel sont loin de s'inscrire dans une perspective favorisant la recherche. Les explications fournies dans la mise en situation permettent de répondre directement à certaines d'entre elles et le défi cognitif est soit absent, soit inaccessible aux élèves.

Du point de vue de la planification et de la mise en œuvre des démarches d'investigation, les élèves ne sont pas plus conviés à développer des habiletés de recherche. Dans la majorité des situations d'apprentissage, les élèves sont amenés à appliquer des protocoles déjà fournis. La démarche scientifique est présentée par les manuels scolaires comme une démarche simple et linéaire : un problème conduit à une seule question, qui elle-même débouche sur une seule hypothèse.

Du point de vue du lien entre les démarches à caractère scientifique et l'acquisition des savoirs scientifiques, les résultats sont aussi problématiques. Les savoirs scientifiques sont présentés comme des à-côtés qui s'apprennent par la lecture et par l'explication. La démarche scientifique viendrait tout simplement les confirmer. Le savoir n'est jamais le résultat d'une construction suite au recours à une démarche scientifique. Le savoir est toujours un donné préalable acquis par l'explication ou par la lecture des sections qui lui

sont réservées. Mais, s'il est un préalable, ce n'est pas pour construire de nouvelles problématiques. Les problématiques et les questions retenues viennent tout simplement confirmer ou utiliser les savoirs expliqués ou lus.

Hasni *et al.* (2009b) se sont intéressés aux points de vue d'enseignants de sciences au premier cycle du secondaire sur les manuels scolaires dans le contexte de l'implantation des nouveaux programmes au Québec. Cette recherche visait à comprendre les attentes des enseignants relativement aux manuels scolaires de sciences et technologies dans le contexte de la réforme et le rationnel sur lequel ils se basent pour leur sélection et leur utilisation. Le concept de "pratiques d'enseignement" (Altet, 2001, 2002; Bru, 2002; Lenoir et Vanhulle, 2006), plus précisément celui de "pratiques déclarées" (ce que les enseignants disent faire en classe) est au cœur de leur cadre théorique. Deux méthodes de collecte de données ont été effectuées : 1° la première repose sur des entretiens de groupe réalisés au début de la première année de l'implantation officielle de la réforme scolaire au secondaire; 2° la deuxième consiste en des entrevues (téléphoniques) individuelles qui ont été réalisées après la première année de l'implantation officielle du nouveau programme. Pour analyser les entretiens de groupe et les entrevues individuelles, les chercheurs ont recouru à l'analyse du contenu basée sur la catégorisation des unités de sens (Bardin, 2001). Les résultats de cette étude se répartissent en trois catégories : 1° les caractéristiques attendues des manuels scolaires; 2° les critiques et les limites des manuels scolaires (connus ou utilisés); 3° la place et l'utilisation (actuelle ou prévue) des manuels.

Du point de vue des caractéristiques attendues des manuels scolaires, les enseignants de sciences du secondaire s'attendent à ce que ceux-ci : a) soient des outils de référence (source d'information ou de connaissance, notamment par rapport aux savoirs disciplinaires) pour les enseignants ou les élèves; b) proposent des activités, des approches (démarches) d'enseignement et un déroulement facilement utilisables par les enseignants (leur évitant ou leur facilitant la préparation des cours); c) soient flexibles, c'est-à-dire qu'ils laissent une marge de manœuvre aux enseignants (souplesse) dans la mise en œuvre

des activités, des approches ou du déroulement proposés; d) prennent en considération les besoins particuliers et la diversité des élèves (différenciation pédagogique).

Du point de vue des principales critiques (ou caractéristiques non souhaitées) et des limites des manuels scolaires que les enseignants ont formulées au regard des manuels scolaires de sciences, les chercheurs ont relevé que les manuels : a) proposent des activités, des approches (démarches) d'enseignement ou un déroulement qu'on ne peut pas utiliser comme tels ou qu'on doit refaire (elles obligent les enseignants à refaire la planification). Certaines activités manquent de réalisme sur le plan du temps de réalisation, des ressources matérielles nécessaires pour les réaliser ou de la complexité des savoirs à mobiliser par les élèves; b) contiennent peu de contenus d'enseignement ou des contenus inappropriés ou faux; c) proposent des activités, des approches (démarches) d'enseignement ou un déroulement qui ne laissent pas de marge de manœuvre aux enseignants (manque de souplesse); d) ne prennent pas en considération la diversité des élèves (différenciation pédagogique).

Du point de vue des modalités d'utilisation des manuels scolaires, la majorité des enseignants affirment que les manuels constituent des outils ou un support, autant pour la recherche des savoirs disciplinaires que pour l'adaptation ou la construction des activités d'enseignement. Généralement, les enseignants utilisent les deux composantes du matériel didactique : le guide d'enseignement et le manuel de l'élève.

4.2 Les recherches qui s'intéressent aux savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques

Astalos (2000) a effectué une analyse comparative des manuels scolaires de sciences du primaire du Québec⁵, de la France et du Sénégal au regard de la conception de la nature. Son étude, de type exploratoire, visait à décrire les relations entre l'homme et l'animal dans ces manuels et à voir dans quelle mesure ces relations varient d'un pays à l'autre. En s'appuyant sur la typologie de Kellert (1985)⁶, Astalos a décrit les types de relations qui existent entre l'homme et l'animal dans les manuels de sciences. Sur le plan méthodologique, elle s'est inspirée des modèles d'analyse de contenu de Krippendorff (1980), de Lê Thanh Khôi (1981), de L'Écuyer (1990) et de Landry (1993). Après avoir sélectionné les unités d'analyse (mots ou énoncés contenant le nom d'un animal ou d'un groupe d'animaux, elle les a catégorisées selon la typologie de Kellert (1985), puis elle a recouru à un traitement statistique simple pour quantifier le nombre d'énoncés attribués à chacune des catégories. Cette quantification des catégories a permis de les placer par ordre décroissant, de manière à connaître leur importance dans les différents manuels scolaires. De manière générale, les résultats de son étude ont permis de dégager que les manuels de sciences au primaire du Québec, de la France et du Sénégal s'inscrivent dans une conception de la nature principalement de type anthropocentrique⁷ et que des variations sur le plan des types des relations entre l'homme et l'animal existent entre les différentes cultures. Plus précisément : a) les catégories de la typologie de Kellert (1985) se retrouvent dans l'ensemble des manuels de sciences au primaire du Québec, de la France et du Sénégal; b) les relations entre l'homme et l'animal varient d'un manuel à l'autre, à l'intérieur d'un même pays et entre les pays; c) la relation scientifique, entre

5 Les deux manuels scolaires québécois du primaire qui ont été retenus pour des fins d'analyse ont été produits juste avant l'arrivée de la réforme scolaire au primaire. Il s'agit des manuels *À la découverte des sciences de la nature 4* (1989) et *Sciences en marche, 4^e année* (1990).

6 Neuf types de relations ont été identifiés dans l'ensemble des manuels : 1. naturaliste; 2. écologique; 3. humaniste; 4. moraliste; 5. scientifique; 6. esthétique; 7. utilitaire; 8. dominatrice; 9. négative. Ces relations renvoient à des valeurs fondamentales envers la nature.

7 Cette conception de la nature renvoie à l'idée que l'Homme est perçu comme le centre de l'univers et faisant de son bien la cause finale de tout ce qui constitue l'univers.

l'homme et l'animal prédomine dans les manuels de sciences au primaire du Québec, de la France et du Sénégal; d) la relation écologique entre l'homme et l'animal tient une place importante dans les manuels de sciences au primaire du Québec, de la France et du Sénégal; e) la relation utilitaire entre l'Homme et l'animal est plus importante dans les manuels de sciences au primaire du Sénégal que dans les manuels du Québec et de la France; f) les relations entre l'homme et l'animal de type moraliste, humaniste, esthétique, dominatrice et négative apparaissent très peu dans les manuels de sciences au primaire du Québec, de la France et du Sénégal; g) les facteurs d'ordre écologique, social et psychologique peuvent apporter des éléments d'explication sur les types de relations entre l'homme et l'animal véhiculées dans les manuels de sciences au primaire du Québec, de la France et du Sénégal.

Jean Baptiste (2007) a étudié les représentations de la nature que propose un manuel de sciences haïtien pour le primaire. Son objectif de recherche était d'analyser les représentations de la nature dans un manuel de sciences en vue de cerner si ces représentations contribuent à reconduire le statut privilégié des savoirs scientifiques ou, au contraire, si elles ouvrent la voie à d'autres manières possibles de comprendre le monde. Pour effectuer son analyse, elle s'est appuyée sur les concepts d'"empiriste" et de "socioconstructiviste" qu'elle a empruntés à Fourez *et al.* (1997) afin de voir comment les concepts d'"observation" et de "fait scientifique" y sont envisagés. Sur le plan méthodologique, elle a effectué une analyse de contenu en s'inspirant des travaux de Bardin (1986) et une analyse critique de discours selon la perspective de Fairclough (2001). L'analyse de contenu avait pour but de découper le texte en énoncés afin de pouvoir répondre à la question « De quoi parle-t-on dans le manuel? » et l'analyse critique du discours avait pour but d'évaluer si le discours du manuel à l'étude proposait des ouvertures à plus d'une manière possible d'envisager le monde (la nature).

Les résultats de l'analyse de contenu ont montré que le discours du manuel était articulé autour de trois grandes tendances : 1° la tendance anthropocentrique, qui fait référence à la manière dont l'être humain joue un rôle central et semble être présentée

comme la mesure des explications portant sur le monde naturel; 2° la tendance utilitariste, selon laquelle les différents vivants et non-vivants retrouvés dans la nature constituent des ressources à exploiter par les humains pour leurs projets; 3° la tendance normative qui, contrairement à la tendance utilitariste, prône la protection de la nature en réaction à la catastrophe écologique qui a sévit à Haïti.

Quant aux résultats de l'analyse critique de discours, ceux-ci ont montré que : a) le discours du manuel se rapproche de la perspective empiriste et tend à présenter l'observation comme une activité purement sensorielle et comme le principal moyen de connaître le monde; b) le discours du manuel s'articule autour d'une rhétorique impersonnelle, celui-ci présentant le plus souvent les phénomènes dits naturels et leurs descriptions scientifiques comme des vérités absolues; c) l'usage fréquent du présent de l'indicatif dans les textes donne au discours des auteurs un caractère affirmatif et n'ouvre pas la porte aux autres manières possibles de comprendre les phénomènes étudiés.

Enfin, Morin (2004) a fait l'étude de l'image des sciences projetée par un manuel de sciences québécois⁸ du primaire approuvé dans le cadre de la récente réforme scolaire. L'objectif principal de son étude était de cerner l'image des faits scientifiques, de la démarche scientifique, de la scientificité, ainsi que du travail des scientifiques que véhicule ce manuel scolaire. Comme le mémoire précédent, Morin s'est appuyée sur les concepts d'"empiriste" et de "socioconstructiviste" qu'elle a empruntés à Fourez *et al.* (1997). Du point de méthodologique, elle a recouru à deux types d'analyse: l'analyse de contenu et l'analyse du discours. L'analyse de contenu qu'elle a réalisée à partir d'une grille d'analyse inspirée de Mathy (1997) avait pour but de cerner le type d'épistémologie (empiriste ou socioconstructiviste) au regard de quatre critères : 1° les faits scientifiques (vérités découvertes ou constructions sociales?); 2° la démarche scientifique (algorithme fixe ou processus interprétatif); 3° le discours sur le monde ou la scientificité (hiérarchie fixe des savoirs ou viabilité des savoirs en fonction de leur contexte d'utilisation); 4° le travail de scientifiques (individualiste ou collectif).

8 C'est l'ensemble didactique *Aventure*, conçu pour le deuxième cycle du primaire qui a été analysé.

Après avoir sélectionné les unités d'analyse, elle les a catégorisées selon les catégories de la grille d'analyse, puis elle a recouru à un traitement statistique simple pour quantifier le nombre d'énoncés attribués à chacune des catégories. Quant à l'analyse du discours, elle visait à étudier le vocabulaire, les structures grammaticales, ainsi que les systèmes verbaux de chacun des énoncés du manuel. Les résultats de sa recherche ont montré que : a) la façon de traiter les faits scientifiques semblé aller dans le sens d'une perspective empiriste. Le manuel scolaire véhicule une image d'une science qui décrit exactement ce qui se passe dans la nature, comme si le "savoir scientifique concernant la nature" et la "nature" n'était qu'une seule et même chose. Les faits scientifiques sont présentés comme s'ils étaient préexistants et correspondant à LA réalité; b) peu d'importance est accordée, dans le discours du manuel, à la socialité des sciences et des technologies ainsi qu'aux processus de construction des connaissances scientifiques. Les produits de la science, tels que les faits, les modèles et les théories ont priorité sur les processus de la science. Ainsi, dans les énoncés, les humains n'ont pratiquement aucun rôle à jouer, comme si l'entreprise scientifique n'était pas une entreprise humaine et sociale; c) le travail du scientifique est présenté comme l'aboutissement de plusieurs gestes posés par rapport à une question ou à un problème particulier. Toutefois, les gestes essentiels au travail des scientifiques, comme la réalisation de demandes de subventions ou la rédaction d'articles, pour ne citer que ceux-là, ne sont pas mis de l'avant dans les énoncés du manuel. Les débats ou désaccords sont omis aussi. En ce sens, les scientifiques peuvent paraître comme des gens qui sont toujours en accord et qui ne se trompent pas; 4° le système verbal employé dans tous les énoncés à l'étude pour l'analyse du discours projette l'image que les faits énoncés sont donnés et définitifs. Tous les verbes énoncés dans le glossaire se déclinent au présent et sont conjugués à la troisième personne. Les faits scientifiques semblent ainsi correspondre à la "nature" et être viables pour tous, dans n'importe quel contexte. L'utilisation massive de ce type d'énoncé tend à rendre le discours impersonnel comme si aucun scientifique ne participait à la construction des sciences.

Si très peu de recherches ont pu être retracées au Québec sur les manuels scolaires et leur utilisation du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies depuis les dix dernières années, il n'en demeure pas moins que celles-ci nous donnent un aperçu sur la manière dont les manuels scolaires québécois proposent d'aborder les savoirs qui composent la structure disciplinaire et les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques. Globalement, nous pouvons retenir que les manuels scolaires analysés ont des lacunes importantes en ce qui concerne : a) la façon de considérer les savoirs conceptuels; b) l'établissement de liens entre les savoirs conceptuels; c) le respect du niveau de conceptualisation en fonction du degré scolaire ou de la maturité des élèves; d) la nature des démarches de conceptualisation proposées; d) le lien entre les démarches de conceptualisation et l'appropriation des savoirs conceptuels; e) leur vision de la construction des savoirs.

Malgré les éclairages importants que peuvent nous apporter ces quelques recherches québécoises pour l'enseignement et l'apprentissage des savoirs disciplinaires en sciences et technologies, plusieurs zones grises restent encore à explorer. Sans vouloir les énumérer de façon exhaustive, les recherches qui ont été menées au Québec : a) ne semblent pas avoir considéré la deuxième composante de l'éducation scientifique et technologique, soit celle qui concerne le lien entre les savoirs disciplinaires et les problématiques individuelles ou sociales de la vie quotidienne; b) ont très peu considéré l'utilisation des manuels scolaires en classe par les éducateurs pour l'enseignement des savoirs disciplinaires en sciences et technologies; c) n'ont pas du tout considéré les manuels scolaires du point de vue de leur utilisation par les élèves (par exemple pour l'appropriation des savoirs conceptuels); d) ne semblent pas avoir considéré certaines dimensions importantes relatives aux savoirs qui composent la structure disciplinaire, par exemple celle de la modélisation qui constitue pourtant l'une des visées centrales des nouveaux programmes de sciences et technologies québécois du secondaire; e) se sont limitées à de champs disciplinaires particuliers (notamment la biologie et l'éducation relative à l'environnement). Par exemple, la manière dont les manuels scolaires proposent

aux enseignants et aux élèves d'aborder des concepts en astronomie, en géologie ou en technologie n'a pas encore été explorée.

Considérant que le MELS reconnaît les manuels scolaires comme des outils d'opérationnalisation des nouveaux programmes d'étude et qu'il suggère fortement leur utilisation pour l'enseignement et l'apprentissage des disciplines scolaires, nous pouvons penser que ceux-ci sont fréquemment utilisés par les enseignants et les élèves du primaire et du secondaire et qu'ils ont une influence non négligeable sur les enseignements et les apprentissages qui se déroulent dans les classes de sciences. Dans ce contexte, les résultats de ces quelques recherches témoignent à quel point les enseignants québécois du primaire et du secondaire se situent au cœur d'un véritable dilemme. Comment peuvent-ils tirer leur épingle du jeu si, d'un côté, l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies est fortement recommandée par le MELS et si, de l'autre, ces mêmes manuels n'opérationnalisent pas correctement les orientations des programmes d'étude au regard des savoirs disciplinaires en sciences et technologies?

La problématique que nous venons de décrire est-elle spécifique au contexte québécois? Qu'en est-il ailleurs qu'au Québec? De manière spécifique : Comment les manuels scolaires d'ailleurs proposent-ils aux enseignants d'aborder les savoirs disciplinaires en sciences et technologies? Quelles sont modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants dans le contexte de l'enseignement des savoirs disciplinaires en classe? Quelles sont modalités d'utilisation des manuels scolaires par les élèves dans le contexte de l'apprentissage des savoirs disciplinaires en classe? La consultation du répertoire des mémoires et des thèses de Bibliothèque et Archives Canada (Gouvernement du Canada, s.d.) montre une absence de travaux qui permet de faire une synthèse de la documentation scientifique à ce sujet⁹. C'est dans ce contexte et cette

⁹ Pour effectuer cette recherche, nous avons utilisé les mêmes paramètres que ceux qui ont servi à la recension de la documentation scientifique de notre recherche. Autrement dit, nous avons utilisé le mot clé "manuel" (ou "*textbook*", en anglais) ou son équivalent (voir l'annexe 4) dans les champs *titre* et *résumé* du moteur de recherche du portail Thèse Canada, et ce, pour la période allant de janvier 2000 à décembre 2008.

problématique que s'inscrit notre recherche. Ainsi, l'objectif général de notre recherche est le suivant.

5. OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA RECHERCHE

Analyser les études empiriques qui se sont intéressées aux manuels scolaires et à leur utilisation par les enseignants et les élèves du primaire et du secondaire du point de vue de trois catégories de savoirs disciplinaires en sciences et technologies : 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire; 2° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école; 3° les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques.

DEUXIÈME CHAPITRE : LE CADRE CONCEPTUEL

Le cadre conceptuel est divisé en trois sections, soit celles qui correspondent aux trois catégories de savoirs disciplinaires qu'il est nécessaire de faire acquérir à tous les élèves du primaire et du secondaire pour une éducation scientifique et technologique de qualité (Hasni, 2005a; Hasni *et al.*, 2009a) : 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire; 2° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école; 3° les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques. Le cadre conceptuel permet d'assurer la transition entre la problématique et la méthodologie. En effet, il vise, d'une part, à cerner de manière plus approfondie les catégories de savoirs disciplinaires que nous avons décrites sommairement dans la problématique et, d'autre part, à se donner graduellement un cadre pour l'analyse des objectifs, des cadres de référence, des méthodologies et des résultats des études que nous analyserons. À cet égard, pour chacune des catégories de savoirs disciplinaires, nous discuterons des principaux aspects que nous jugeons nécessaire de considérer lorsqu'on vise à donner aux élèves une éducation scientifique et technologique de qualité. À notre avis, ces aspects méritent d'être considérés dans les recherches sur l'enseignement et l'apprentissage, d'une manière générale, et sur celles qui portent sur les manuels scolaires de manière particulière.

1. LES SAVOIRS QUI COMPOSENT LA STRUCTURE DISCIPLINAIRE

Cette section s'intéresse aux savoirs qui composent la structure disciplinaire au niveau de l'enseignement général. Elle est divisée en trois parties. Dans la première partie, nous présenterons la notion de concept et les conséquences sur la manière de les considérer dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences et des technologies. Dans cette partie, nous aborderons également les notions de réseau conceptuel, de trame conceptuelle et de niveau de formulation d'un concept. Dans la deuxième partie, nous étayerons la notion de modèle en y exposant ses principales caractéristiques et fonctions dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences et des technologies. Dans la troisième

partie, nous discuterons des processus de conceptualisation et de modélisation du point de vue des démarches d'enseignement-apprentissage en sciences et technologies¹⁰.

1.1 La notion de concept

La notion de concept est au cœur de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences et des technologies. En s'appuyant sur différents écrits (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 1997; Astolfi et Develay, 2002; Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 2001; Barth, 1987, 2002; De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996; De Vecchi et Giordan, 1994; Hasni et Roy, 2006; Hasni *et al.*, 2009a; Wilson, 1995) de la documentation scientifique, nous pouvons dégager au moins quatre caractéristiques principales d'un concept : 1° un concept est un construit qui permet à l'humain de se donner une vision du monde et d'avoir un pouvoir d'action sur celui-ci; 2° un concept est une entité structurée; 3° un concept est un nœud dans un réseau de relations avec d'autres concepts; 4° un concept peut être défini selon plusieurs niveaux de formulation. La section suivante vise à décrire les quatre principales caractéristiques d'un concept et les conséquences qui en découlent sur leur enseignement et leur apprentissage dans la classe de sciences.

1.1.1 *Un concept est un construit qui permet de se donner une vision du monde et d'avoir un pouvoir d'action sur celui-ci*

La notion de concept est à l'origine de la construction des connaissances humaines. Les concepts sont des outils de communication qui servent à la fois « comme outils

¹⁰ Une analyse sommaire de plusieurs programmes de sciences et technologies du primaire et du secondaire des pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) que nous avons réalisée montre que, malgré la grande diversité des savoirs conceptuels qui structurent ces programmes d'étude, les concepts et les modèles constituent les principaux types de savoirs disciplinaires de ces programmes. Par ailleurs, si certains articles retenus dans notre échantillon traitent des lois ou des théories, la grande majorité d'entre eux concernent les concepts et les modèles. À cet égard, le cadre conceptuel met l'accent sur les notions de concept, de modèle, de conceptualisation et de modélisation.

intellectuels pour comprendre la réalité et pour exprimer notre compréhension de cette réalité » (Barth, 2002, p. 57). L'être humain ne peut penser le monde sans d'abord s'appuyer sur des représentations abstraites de la réalité (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996). Ainsi, pour comprendre le monde, il faut d'abord l'abstraire. De là, c'est toute la question de la catégorisation, comme processus de conceptualisation, qui prend son importance. En effet, comme le soulignent Barth (1987, 2002) et De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996), l'abstraction des phénomènes se présente généralement comme un processus de catégorisation qui amène l'être humain à rassembler des objets du monde (idées, faits, éléments observables, etc.) et à les généraliser afin de créer des catégories plus générales que l'on peut désigner sous l'appellation de "connaissances conceptuelles" ou de "concepts".

Pour reprendre les termes de De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996, p. 153), nous pouvons dire qu'il existe deux sortes de savoirs : 1° les "connaissances ponctuelles" qui renvoient à des faits, des détails, des éléments observables, etc.; 2° les "connaissances conceptuelles" qui renvoient à des idées générales, à des structures mentales abstraites et organisées. Il importe de bien distinguer les unes des autres.

Les connaissances ponctuelles se présentent comme des éléments isolés et il s'avère difficile de les utiliser pour autre chose que ce qu'elles sont en elles-mêmes. Elles permettent de ne connaître rien de plus! Elles sont comme « une sorte de produit fini qui ne peut évoluer seul » (De Vecchi et Giordan, 1994, p. 163). L'apprentissage d'une connaissance ponctuelle unique ne peut déboucher sur l'apprentissage d'une connaissance conceptuelle et cela est également valable pour l'apprentissage d'une somme de connaissances ponctuelles juxtaposées. Ainsi, la construction des concepts ne peut s'appuyer sur des modèles d'enseignement-apprentissage de type transmissif où les détails s'accumulent et les idées générales sont révélées aux élèves sans qu'ils les aient d'abord construites.

Quant aux connaissances conceptuelles, elles sont suffisamment générales pour être utilisées dans plusieurs situations. Comme le soulignent De Vecchi et Giordan (1994), elles sont le résultat d'une construction intellectuelle par laquelle on amène l'élève à relever ce qu'ont en commun un certain nombre de faits :

C'est en relevant ce qui peut être commun à différents faits ponctuels que débouchera puis se construira une notion un peu plus générale; plusieurs notions rapprochées les unes des autres ouvriront peu à peu le chemin de l'élaboration d'un concept. Il s'agit donc d'une véritable construction (p. 164).

Les connaissances conceptuelles ou les concepts se présentent ainsi comme des construits qui permettent de se donner une vision du monde. Hasni et Roy (2008), en se basant sur plusieurs auteurs (Astolfi et Develay, 2002; Barth, 2002; Demounem et Astolfi, 1996; De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996; De Vecchi et Giordan, 1994) qui s'intéressent à l'éducation scientifique, rapportent qu'un concept est une entité abstraite et générale, une construction de l'esprit, qui permet à l'être humain de se détacher du réel et de se représenter les objets du monde, même en leur absence.

Au-delà de leur fonction de représentation, les concepts permettent aussi aux humains d'avoir un pouvoir d'action sur le monde (Brown, Collins et Duguid, 1989; Resnick, Levine et Teasley, 1991; Säljö, 1999). Si la connaissance du concept de "machine simple" conduit l'être humain à distinguer les objets du monde qui sont de cette catégorie de ceux qui ne le sont pas, elle lui permet en plus d'utiliser les principes scientifiques inhérents à ces machines afin de concevoir des objets qui permettent de réduire la force nécessaire à l'exécution d'un travail¹¹ (soulever une charge, déplacer un

¹¹ Le concept de travail renvoie à deux concepts clés : la force nécessaire à son accomplissement (pulsion ou traction) et la distance sur laquelle on applique cette force. La formule du travail est la suivante : Travail = Force x Distance. Le travail se mesure en joules. La force est l'énergie de pulsion ou de traction exercée sur un objet et lui imprimant un mouvement. La force se mesure en newtons. La distance est l'espace couvert par l'objet en déplacement. Elle se mesure en mètres. Par conséquent, le travail accompli (en joules) est égal à la force (en newtons) multipliée par la distance couverte (en mètres).

objet, etc.). À titre d'exemple, l'utilisation du principe de la vis permet de concevoir l'hélice d'un navire pour déplacer l'eau et l'utilisation combinée de principes de plusieurs machines simples permet de concevoir une machine complexe (machine composée de plusieurs machines simples), comme c'est le cas, par exemple, dans la fabrication d'une bicyclette.

1.1.2 Un concept est une entité structurée

Soulignons d'entrée de jeu que nous pouvons distinguer comme plusieurs auteurs (Astolfi *et al.*, 1997; Barth, 1987, 2002; Demounem et Astolfi, 1996; Hasni et Roy, 2006; Ladrière, 2005; Robardet et Guillaud, 1997) entre deux types de concepts : les concepts catégoriels et les concepts théoriques. Les concepts catégoriels peuvent être définis par des attributs qui renvoient à des caractéristiques observables de la réalité physique. C'est le cas du concept de "fruit" ou de "planète". On peut les construire par abstraction empirique. Les concepts théoriques ne peuvent être construits directement à l'aide d'une approche empiriste. On peut les construire par "abstraction réfléchissante" (Piaget, 1977). C'est le cas des concepts de "force" et d'"énergie".

Lorsqu'on tente de définir la notion de concept de manière opératoire, nous pouvons le considérer comme une structure tridimensionnelle du savoir (Barth, 1987, 2002; Martinand, 1994; Vergnaud, 1990). Pour Barth (1987, 2002) par exemple, la notion de concept renvoie à une structure de relations entre trois composantes qu'elle désigne par l'étiquette, les attributs et les exemples (figure 3). Pour construire le sens du concept, il faut établir la relation entre l'étiquette du concept (qui constitue le signifiant du concept, soit la dénomination du concept), l'ensemble des attributs du concept (qui constitue le signifié du concept) qui permettent de le caractériser et de le distinguer des autres concepts et les exemples auxquels les attributs sont susceptibles de s'appliquer.

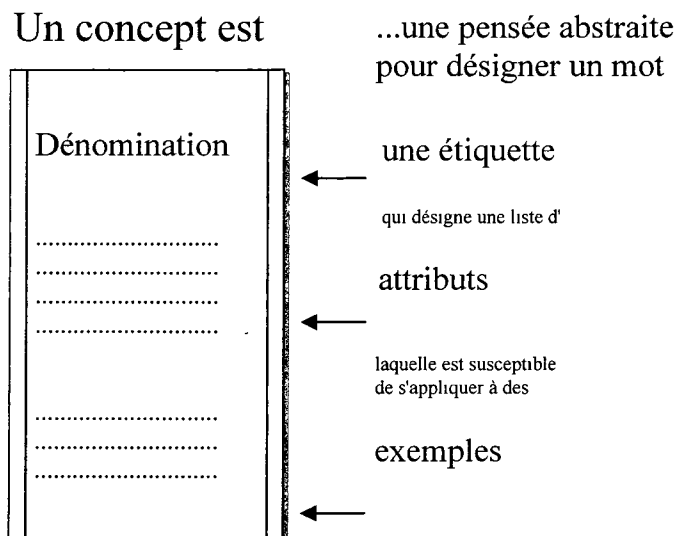


Figure 3 : La notion de concept empirique selon Barth (1987, p. 22)

Définir la notion de concept comme une structure tridimensionnelle du savoir a des conséquences importantes sur les modalités d'appropriation des concepts par les élèves dans la classe de sciences (Hasni et Roy, 2006) : La compréhension d'un concept ne doit ni être confondue avec la maîtrise du vocabulaire, ni avec la capacité d'évoquer des exemples du concept.

Lorsque nous considérons la notion de concept comme une structure tridimensionnelle du savoir, il importe de ne pas confondre la compréhension d'un concept avec la maîtrise du vocabulaire sans quoi les concepts ne sont que des mots vides de sens (Barth, 1987, 2002; Hasni et Roy, 2006). Pour reprendre les termes de Barth (1987) : « Il est important de comprendre que la dénomination, l'étiquette, n'a pas à elle seule de l'importance; ce qui est essentiel c'est de savoir pourquoi on appelle un objet par ce nom et comment il est relié à d'autres concepts » (p. 25). Elle ajoute que « les mots en eux-mêmes ne sont que des bruits, des symboles arbitraires » (*Ibid.*, p. 50). Dans le domaine des sciences, Hempel (1996) souligne qu'il est nécessaire de « distinguer clairement les concepts, comme ceux de masse, de force, de champ magnétique, etc., et les termes correspondants, c'est-à-dire des expressions verbales ou symboliques qui représentent ces concepts » (p. 133). Hasni et Roy (2006) vont dans le même sens : « Il est important de

distinguer les mots des sens qui leur sont accordés lorsqu'on les considère d'un point de vue conceptuel » (p. 128). Tout élève peut affirmer que le “cœur est un organe musculaire” sans toutefois comprendre le sens scientifique accordé aux concepts de “cœur” et d’“organe”. En conséquence, une stratégie d'enseignement traditionnelle qui consiste à recourir à d'autres mots pour amener les élèves à mieux comprendre un concept s'avère, à elle seule, bien souvent inutile si ces mots ne sont pas reliés aux attributs et aux exemples qui permettent de caractériser le concept à l'étude.

De manière opérationnelle dans la classe de sciences, l'idée selon laquelle la compréhension d'un concept ne doit pas être confondue avec la maîtrise du vocabulaire présente au moins deux enjeux (*Ibid.*).

Le premier enjeu est que l'appropriation d'un concept ne peut se limiter à l'apprentissage par cœur d'une définition exposée dans le lexique d'un manuel scolaire, sur Internet ou dans tout autre média (*Ibid.*). Non que le manuel scolaire ne peut soutenir l'appropriation des concepts, mais on ne peut lui laisser seul le soin de définir les concepts : « La définition d'un contenu donné, c'est-à-dire ce sur quoi on souhaite que les apprenants portent leur attention, ne peut être laissée aux manuels dont on dispose – peut-être sans les avoir choisis – ou à la subjectivité d'une interprétation personnelle » (Barth, 2002, p. 56).

Le deuxième enjeu présuppose la nécessité de construire une relation de médiation entre l'enseignant, l'élève et le savoir afin que l'élève s'approprie véritablement le concept à l'étude. En effet, pour construire un savoir nouveau, Barth (2002) nous rappelle qu'il est « nécessaire que le cadre conceptuel de l'enseignant et celui des apprenants puissent se rencontrer pour négocier ou renégocier une signification commune et ne pas rester sur deux voies parallèles comme c'est souvent le cas » (p. 56). Ce qui importe, c'est d'amener l'élève à établir une relation entre l'aspect abstrait du mot utilisé pour désigner le concept et l'aspect concret qui consiste en l'expérience concrète sur le réel qui lui permet de s'approprier véritablement les attributs essentiels liés au concept à l'étude. Comme le

souligne Barth (2002) : « Le savoir n'existe pas sans le réel, l'intérêt est d'en saisir à la fois l'aspect abstrait et l'aspect concret par un processus de comparaison des deux » (p. 50).

La compréhension d'un concept scientifique ne doit pas non plus être confondue avec la capacité à évoquer des exemples auxquels le concept est susceptible de s'appliquer (Barth, 1987). Si la pomme, la cerise ou la tomate représentent des fruits, le concept de "fruit" n'est représenté ni par la pomme, ni par la cerise, ni par la tomate, mais plutôt par l'ensemble des attributs communs qui permettent de caractériser tous ces objets (Hasni et Roy, 2006). Ainsi, le fruit est « 1) l'organe d'une plante; 2) qui résulte du développement d'une fleur; 3) réalisé suite à une fécondation; et qui 4) contient des tissus de réserve et une ou plusieurs graines; 5) contenant un ou plusieurs embryons dont le développement permet d'obtenir de nouvelles plantes; etc. » (p. 128). Il en est de même pour le concept de "planète"¹² qui n'est représenté ni par Mars, ni par Jupiter, ni par Neptune, mais plutôt par l'ensemble des attributs qu'elles ont en commun. Ainsi, une planète est un corps céleste : a) qui est en orbite autour du soleil; b) qui possède une masse suffisante pour que sa gravité l'emporte sur les forces de cohésion du corps solide et le maintienne en équilibre hydrostatique sous une forme presque sphérique; c) qui a éliminé tout corps susceptible de se déplacer au voisinage de son orbite proche (Union astronomique internationale, 2006).

C'est donc par les attributs que nous pouvons construire le sens d'un concept. En effet, comme le souligne Barth (1987), « un attribut est ce qui permet de distinguer une idée d'une autre idée, un objet d'un autre objet » (p. 21) et « ce qui rend un concept différent d'un autre, c'est la combinaison d'attributs » (*Ibid.*, p. 23). En conséquence, une stratégie d'enseignement qui repose sur la présentation unique d'exemples spécifiques pour définir un concept, aussi variée soit-elle, n'amènera pas nécessairement la

¹² La définition la plus récente du concept de planète fut approuvée à Prague le 24 août 2006 lors de la 26^e Assemblée Générale de l'Union astronomique internationale par un vote à main levée d'environ 400 scientifiques et astronomes après 10 jours de discussion. Selon cette définition, notre système solaire compte maintenant 8 planètes, soit la Terre, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

construction mentale de celui-ci chez l'élève. En effet, le recours à une telle stratégie d'exemplification peut constituer en elle-même une dérive si les élèves se construisent, sur la base de leurs interprétations personnelles, une image mentale du concept en retenant des attributs qui ne sont pas caractéristiques du concept visé (Barth, 2002, p. 50).

De manière opérationnelle dans la classe de sciences, l'idée selon laquelle le sens d'un concept se construit à partir des attributs présente au moins deux enjeux (Hasni et Roy, 2006).

Le premier enjeu est que l'apprentissage d'un concept nécessite « la capacité de discerner des attributs, de sélectionner ce qu'on retient » (Barth, 1987, p. 21) et lorsque l'on « veut désigner un objet dans le but de l'identifier, de déterminer son appartenance à une classe, l'attribut doit se référer plutôt aux caractéristiques qui permettent de le classer dans une catégorie fondamentale; ce sont les attributs essentiels » (*Ibid.* p. 21).

Le deuxième enjeu est qu'il faut s'assurer de définir un concept de manière opérationnelle afin de le rendre compréhensible et accessible pour l'ensemble des élèves de la classe (Postman, 1981). Comme le souligne Postman (1981), nous pouvons juger de la valeur d'une définition d'un concept non seulement à partir du critère d'exactitude, mais aussi à partir du critère d'opérationnalisation. Ainsi, l'enseignant de sciences devrait faire en sorte que l'élève s'approprie la définition d'un concept dans cet esprit s'il souhaite l'amener à une véritable compréhension de celui-ci.

Pour conclure, il faut retenir que l'appropriation des concepts nécessite d'amener les élèves à construire leur sens par un processus de conceptualisation qui met en relation l'étiquette, les attributs et les exemples auxquels ils se rattachent. Ne pas se préoccuper de la mise en relation entre l'étiquette, les attributs et les exemples auxquels réfère le concept, c'est confondre l'appropriation des concepts avec la maîtrise du vocabulaire ou la capacité à exemplifier.

1.1.3 Un concept est un nœud dans un réseau de relations avec d'autres concepts

Les concepts ne sont pas des entités isolées en soi. Ils sont des nœuds qui s'inscrivent dans un réseau de relations avec d'autres concepts. Comme le soulignent Astolfi et Develay (2002) :

Les concepts scientifiques ne sont pas ordonnés en une suite linéaire, mais chaque concept se trouve au nœud d'un réseau complexe qui chevauche en général plusieurs disciplines. On peut parler à ce propos de réseau conceptuel, de champ conceptuel ou de trame conceptuelle (p. 26).

Dès que l'on examine les attributs d'un concept donné, on s'aperçoit qu'ils renvoient à leur tour à d'autres concepts (Hasni et Roy, 2006). À titre d'exemple, la définition du concept de "fruit" renvoie, entre autres, aux concepts d'"organe", de "plante", de "fleur", de "fécondation", de "graine" et d'"embryon" (figure 4). Ainsi, pour définir le concept de "fruit", il est nécessaire de mettre chacun de ces concepts en relation avec d'autres concepts. Ce processus de mise en relation des concepts avec le concept de "fruit" aboutit à la construction du réseau conceptuel du concept "fruit" et du concept de "reproduction sexuée des plantes".

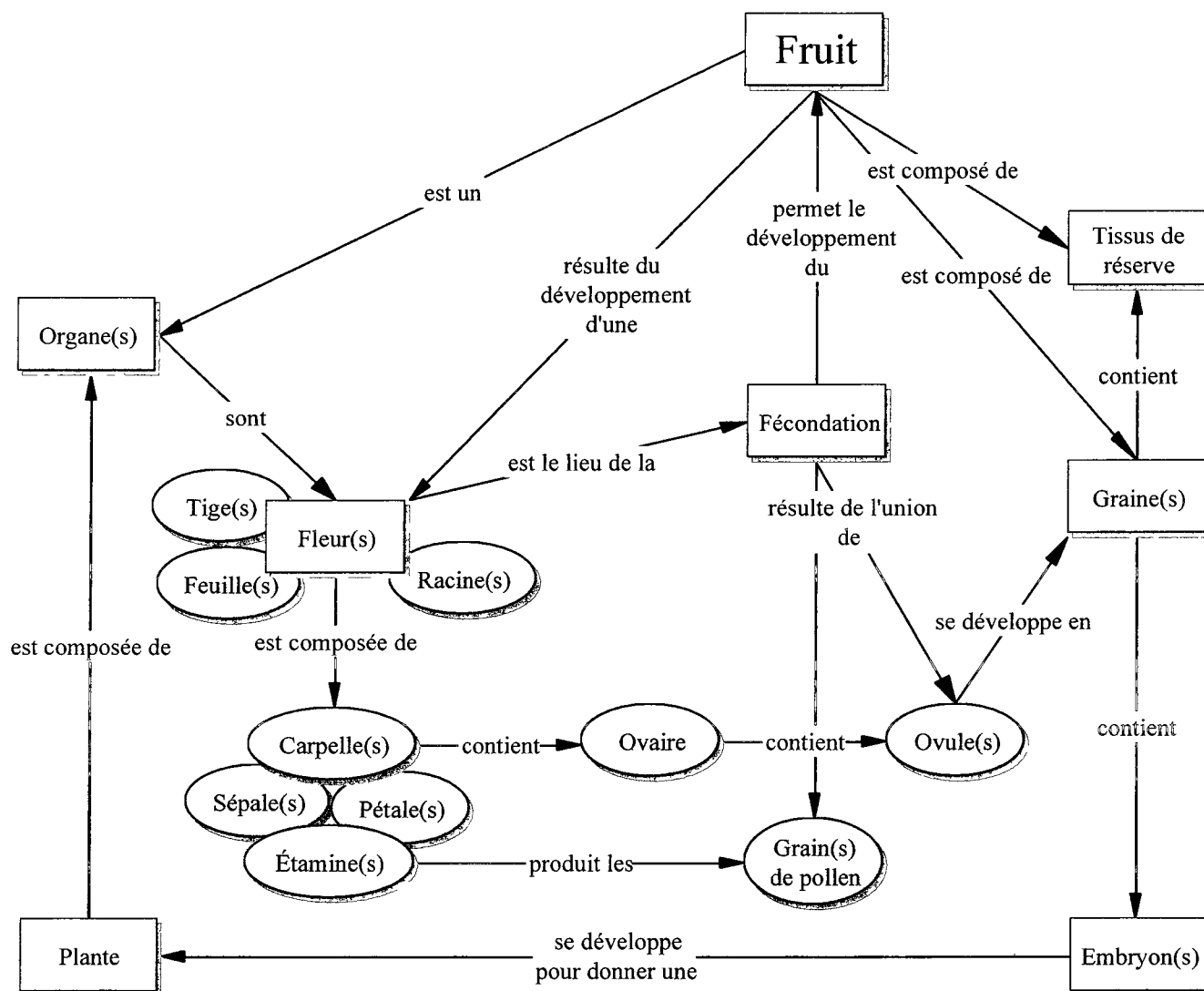


Figure 4 : Exemple de réseau conceptuel simplifié du concept de “fruit” et du concept de “reproduction sexuée des plantes” (Hasni et Roy, 2006)

L’idée selon laquelle les concepts s’inscrivent dans un nœud de relations avec d’autres concepts implique deux conséquences importantes sur l’enseignement et l’apprentissage des concepts scientifiques.

La première conséquence est que plutôt que de viser à faire accumuler une succession de connaissances aux élèves, l’objectif de l’éducation scientifique devrait permettre aux élèves « de structurer, de construire des réseaux, souvent complexes, qui seuls donneront un statut opérationnel aux savoirs » (De Vecchi et Carmona-Magnaldi,

1996, p. 137). En effet, contrairement à ce que pensent les fervents des pédagogies traditionnelles, les concepts ne peuvent s'élaborer ni séparément les uns des autres et encore moins, comme le prétendent les behavioristes, par une accumulation de sous-objectifs (Giordan et De Vecchi, 1987). Au cœur du développement des sciences, « les concepts constituent tout à la fois des points de regroupement et des instruments d'investigation [...] Ils permettent de réunir un ensemble d'acquis épars, issus des observations, des expériences ou des enquêtes menées en vue de répondre à un certain nombre de questions » (*Ibid.*, p. 172).

D'un point de vue cognitif, mettre en relation signifie relier, attacher des idées ensemble, ce qui permet en même temps d'ouvrir sur un nouveau champ conceptuel ou une autre idée. Cette idée de mise en relation est fondamentale lorsqu'on vise une véritable compréhension d'un concept scientifique. Comme le soulignent De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996), « construire des liens, c'est comprendre » (p. 139) et « les liens qui se tisseront entre les connaissances (les mises en relation) permettront à ces dernières d'exister en tant que savoirs utilisables » (*Ibid.*, p. 139). Hasni et Roy (2006) de rappeler que « les faits ou les concepts isolés les uns des autres ne peuvent constituer un système explicatif du monde qui nous entoure » (p. 129). Et dans le même sens, Henri Poincaré disait « qu'une collection de faits n'est pas plus une science qu'un tas de briques, une maison » (*Ibid.*, p. 129). Pour comprendre le concept de "fruit" par exemple, il ne suffit pas seulement de comprendre ce qu'est un organe, une plante, une fleur, une graine ou un embryon, etc. Il faut aussi comprendre la nature des relations qui existent entre ces notions.

La deuxième conséquence est qu'un concept peut être explicatif de nombreuses situations. Il faut rompre avec l'idée selon laquelle un concept est un fait brut isolé qui peut expliquer une seule situation. Au contraire, il faut plutôt le considérer comme « une relation qui peut se retrouver dans des situations diverses » (Astolfi et Develay, 2002, p. 24). À titre d'exemple, le concept d'"énergie" peut être explicatif de nombreuses situations : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, etc.

Si les réseaux conceptuels permettent d'inscrire les concepts dans un réseau de relations avec d'autres concepts, certains auteurs (Astolfi *et al.*, 1997; Astolfi *et al.*, 2001; Astolfi et Develay, 2002) ont développé la notion de trame conceptuelle pour favoriser le recours à un enseignement permettant la construction des concepts en lien les uns avec les autres.

La trame conceptuelle se distingue du réseau conceptuel du fait que ses nœuds, plutôt que d'être représentés par d'autres concepts, sont décrits à l'aide de notions constitutives (idées formulées sous la forme d'énoncées) du concept (Astolfi et Develay, 2002). Concrètement, la trame conceptuelle consiste en une représentation graphique qui illustre un réseau de relations entre des énoncés qui décrivent les notions constitutives d'un concept. Chaque énoncé est formulé sous la forme d'une phrase complète et non comme une simple étiquette comme c'est souvent le cas dans les programmes d'étude et les dictionnaires. Les énoncés sont opératoires, c'est-à-dire qu'ils sont reliés à des problèmes scientifiques desquels ils sont la réponse. Ils peuvent être lus de manière indépendante et font la synthèse de la signification donnée à chacune de ces notions. Généralement, la trame conceptuelle comprend plusieurs énoncés ponctuels qui sont reliés à un nombre restreint d'énoncés mobilisant des concepts intégrateurs du concept visé (*Ibid.*).

En ce qui concerne la structure générale de la trame conceptuelle, elle ne se présente pas nécessairement comme un système hiérarchisé, mais les énoncés peuvent être hiérarchisés entre eux, chacun en englobant d'autres plus élémentaires. Les énoncés isolés dans les étiquettes sont reliés par des traits ou des flèches qui indiquent les relations logiques entre ceux-ci et dont la nature des relations n'est pas explicitée (*Ibid.*).

Bien que les relations logiques puissent parfois traduire une hiérarchisation, elles n'indiquent en aucun cas une progression chronologique de l'enseignement-apprentissage (*Ibid.*). En effet, comme le soulignent Astolfi *et al.* (2001) :

Les trames conceptuelles ne s'apparentent en rien à la figuration spatiale de progressions chronologiques ni à un quelconque cahier de bord temporel des activités. Ce n'est pas, en effet, parce qu'on a défini un réseau articulé de notions constitutives d'un concept qu'on a pour autant décrit le cheminement par lequel celui-ci sera enseigné (p. 185).

Pour reprendre l'expression d'Astolfi *et al.* (2001), les trames conceptuelles n'ont pas pour but d'indiquer les “voies royales” pour l'enseignement et l'apprentissage des concepts scientifiques. Elles permettent plutôt de broser le “tableau des possibles” (Astolfi et Develay, 2002).

De manière générale, l'élaboration de trames conceptuelles présente plusieurs apports pour l'enseignement et l'apprentissage des concepts scientifiques (Astolfi *et al.*, 2001; Astolfi et Develay, 2002; De Vecchi et Giordan, 1994) :

- A. Elle permet de structurer les concepts de manière interreliée plutôt que de les aborder de manière isolée ou juxtaposée;
- B. Elle permet d'explicitier tout l'arrière-plan notionnel du concept que l'on souhaite aborder;
- C. Elle amène l'enseignant à faire des choix quant aux concepts à aborder, et à les regrouper sous un nombre limité de concepts intégrateurs d'une séquence d'enseignement-apprentissage;
- D. Elle fournit un point d'ancrage solide pour situer les représentations des élèves et permet ainsi d'orienter l'enseignement et l'apprentissage avec plus d'efficacité. Autrement dit, elle correspond à ce que Vermersch (1979) appelle la “logique des concepts”, par opposition à la “logique de l'action” (à l'œuvre chez l'apprenant) et à la “logique pédagogique”, où les deux premières logiques conduisent au choix raisonné de la troisième;
- E. Elle constitue un outil précieux pour prévoir des “possibles” qui ne seront pas automatiquement mis en place du fait qu'il n'existe pas qu'une seule voie pour aborder des savoirs;

- F. Elle permet de comparer des options d'enseignement, pour étayer des choix. Elle ouvre ainsi la voie à de nouvelles possibilités pour la construction de pistes d'enseignement, lesquelles peuvent alors être plus diversifiées que ne laissent paraître les “voies royales” reproduites par tradition;
- G. Elle permet aux élèves de développer une vision intégrée plutôt que cumulative des apprentissages disciplinaires, et donc de rompre avec l'idée que le savoir se transmet de façon linéaire;
- H. Elle fournit aux élèves une occasion de structurer eux-mêmes les savoirs, ce qui s'inscrit dans une vision constructiviste de l'apprentissage. En effet, Astolfi et Develay (2002) affirment que « faire participer les élèves à son processus d'élaboration est plus important que de leur en fournir les cadres préorganisés » (p. 53).

Pour conclure, le réseau conceptuel et la trame conceptuelle s'avèrent de précieux outils au service de l'enseignement et de l'apprentissage des concepts scientifiques. Ces outils permettent de faire des choix didactiques plus éclairés au regard des contenus que l'on souhaite aborder avec les élèves et par conséquent, d'orienter les démarches d'enseignement-apprentissage visant la construction des concepts scientifiques chez les élèves.

1.1.4 Un concept peut être défini selon plusieurs niveaux de formulation

Un concept, en plus de s'inscrire dans un réseau avec d'autres concepts, peut être défini avec des degrés de complexité variables qui peuvent faire l'objet d'apprentissage à différents niveaux scolaires (Hasni et Roy, 2006). On parle de niveau ou de registre de formulation (Astolfi et Develay, 2002; Astolfi *et al.*, 1997; Astolfi *et al.*, 2001). Selon De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996), un niveau de formulation « est un ensemble de connaissances, matérialisé par un énoncé ayant atteint un certain degré d'abstraction et

correspondant à un seuil provisoire que l'on atteint. Il est en relation avec un champ de validité précis et limité dans lequel il fonctionne efficacement » (p. 83).

Trois paramètres permettent de situer le champ de validité dans lequel le concept fonctionne : 1° le niveau de langue, afin qu'il soit approprié à la tranche d'âge considéré; 2° le niveau de développement cognitif des élèves; 3° la nature du problème scientifique que l'on se propose d'aborder avec les élèves (Astolfi *et al.*, 2001).

Aborder l'enseignement des concepts scientifiques en prenant en compte le niveau de formulation permet de rompre avec l'idée que les concepts scientifiques doivent être formulés par une simple et unique transposition didactique à point de départ universitaire. L'élaboration de plusieurs niveaux de formulation pour un même concept « conduit plutôt à une diversification des énoncés possibles pour permettre leur adéquation avec le problème précis traité, avant d'être reformulé à l'occasion d'une structuration » (*Ibid.*, p. 179). Il faut donc retenir l'idée selon laquelle les concepts scientifiques ne sont réellement opérationnels que si l'on sait maîtriser le niveau de formulation en lien avec le problème que l'on souhaite aborder (Astolfi et Develay, 2002). Par ailleurs, il ne faut pas confondre la maîtrise de l'énoncé qui permet de décrire le niveau de formulation avec la maîtrise de l'idée qui permet de matérialiser le niveau de formulation. L'énoncé n'est qu'un indice : « c'est la structure sous-jacente qui doit être atteinte par l'élève » (De Vecchi et Giordan, 1994, p. 180).

Avant la mise en œuvre de toute séquence d'enseignement-apprentissage, il s'avère donc essentiel de définir le niveau de formulation que l'on se propose d'atteindre. Le niveau de formulation permet en quelque sorte de situer nos objectifs conceptuels (*Ibid.*). À titre d'exemple, nous pouvons considérer le concept de "nutrition végétale" à un premier niveau (niveau primaire) sous l'angle macroscopique en nous basant sur les besoins des végétaux pour se maintenir en vie, à savoir la lumière, l'air, l'eau et les sels minéraux.

À un deuxième niveau (niveau secondaire), nous pouvons le considérer sous l'angle de la structure microscopique en référant au concept de "cellule". À ce deuxième niveau, il importe de mettre en lien le concept de "nutrition végétale" avec les concepts intégrateurs de "photosynthèse" et de "respiration" sans toutefois entrer dans les détails des réactions chimiques qui régissent ces deux phénomènes. Plus spécifiquement, le concept de "photosynthèse" est abordé comme un processus par lequel les organismes autotrophes, en présence de lumière, fabriquent leur nourriture et produisent leurs réserves d'énergie. Ainsi, la construction du concept de "photosynthèse" à ce niveau devrait permettre d'amener les élèves à construire, entre autres, les attributs suivants : 1° la photosynthèse, pour les plantes à fleurs, survient principalement au niveau des feuilles de la plante, à l'intérieur des cellules chlorophylliennes; 2° les cellules chlorophylliennes captent l'énergie solaire et l'utilisent pour former des glucides (sucres) à partir du gaz carbonique (puisé dans l'air) et de l'eau; 3° les glucides produits lors de la photosynthèse servent à la plante comme source d'énergie immédiate, pour le stockage de réserves énergétiques et pour la formation des tissus végétaux; 4° les cellules chlorophylliennes produisent également de l'oxygène qui est rejeté dans l'atmosphère (source importante de nutrition des organismes hétérotrophes); 5° la température, la concentration en gaz carbonique (CO_2) dans l'air, l'intensité lumineuse, la surface foliaire exposée à la lumière, le taux d'humidité dans l'air sont des facteurs qui ont une influence importante sur la photosynthèse. En ce qui concerne la construction du concept de "respiration", elle devrait permettre d'amener les élèves à construire, entre autres, les attributs suivants : 1° la respiration est la réaction contraire de la photosynthèse; 2° la respiration consomme de l'oxygène (oxydation des nutriments) et libère du gaz carbonique (CO_2) et de l'eau; 3° la respiration permet d'obtenir de l'énergie à partir des nutriments; 4° la respiration se déroule le jour et la nuit contrairement à la photosynthèse qui se déroule le jour seulement; 5° la température, le stade de développement de la plante et le type de plante ont une influence importante sur la respiration. La figure 5 présente un exemple d'une trame conceptuelle simplifiée du concept de nutrition végétale au niveau secondaire.

Enfin, à un troisième niveau (niveau collégial ou universitaire), nous pouvons considérer le concept de “nutrition végétale” au niveau biochimique. Nous pouvons étudier, par exemple, la photosynthèse d’un point de vue des réactions de transduction d’énergie (ou réactions claires) et des réactions de fixation du carbone du cycle de Calvin. Nous pouvons également étudier la circulation de l’eau et des nutriments dans la plante en nous basant sur la théorie de la cohésion-tension au niveau cellulaire.

L’idée de définir un niveau de formulation d’un concept approprié au niveau scolaire ou à la maturité des élèves s’inscrit dans une perspective constructiviste de l’enseignement et de l’apprentissage des sciences où la construction des concepts peut être vue en termes de passages d’un niveau de formulation à un autre. Comme le rappellent De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996), les savoirs scientifiques ne se construisent pas en une seule fois, mais plutôt par « paliers successifs » (p. 81). Cette manière de considérer la construction des concepts scientifiques en leur attribuant un caractère évolutif s’oppose à la manière dont les pédagogies traditionnelles d’enseignement des sciences véhiculent la conception dogmatique de la construction des savoirs.

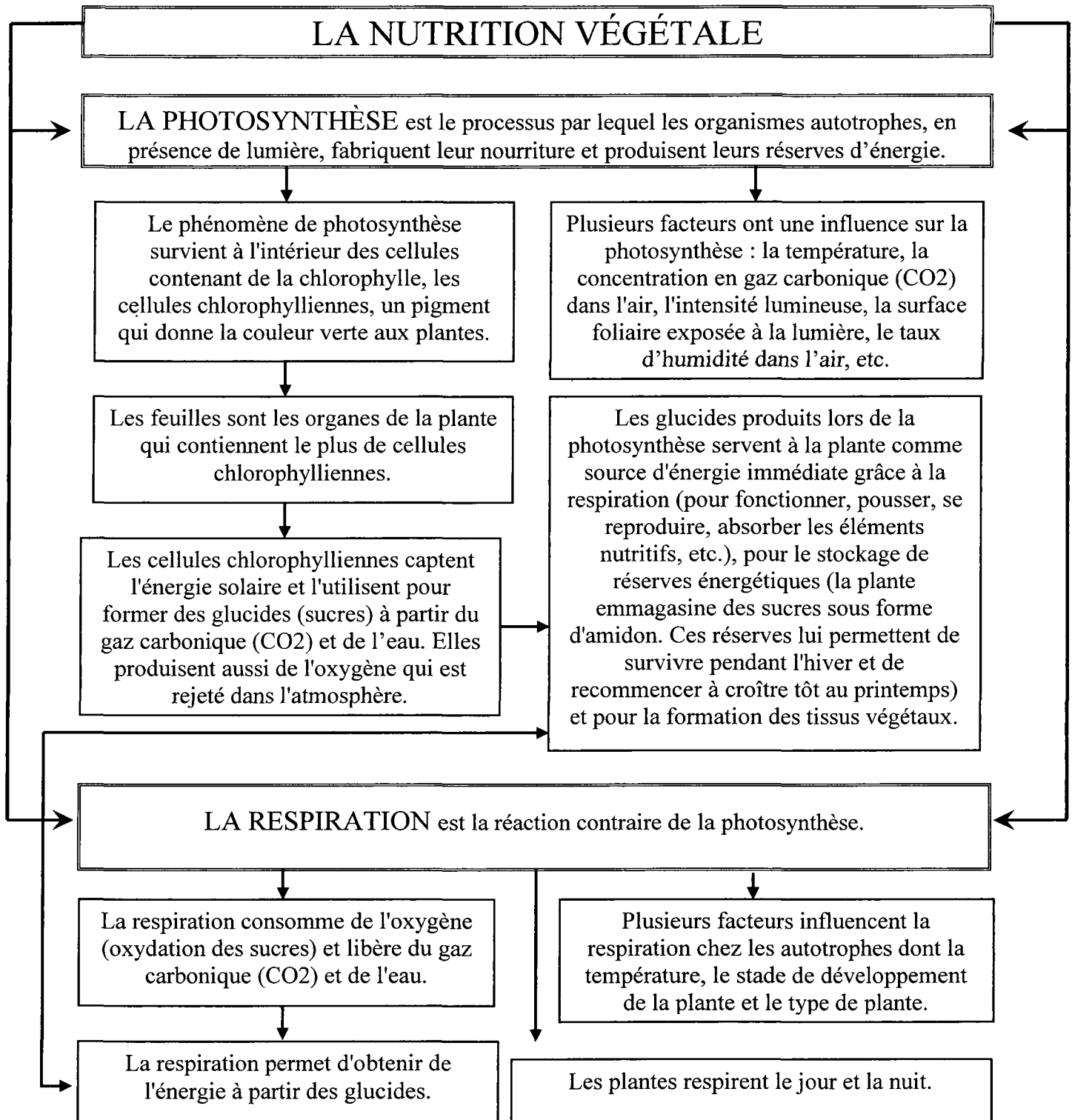


Figure 5 : Exemple d'une trame conceptuelle du concept de "nutrition végétale" (ordre secondaire par l'élève)

1.2 La notion de modèle

Tout comme la notion de concept, la notion de modèle est au cœur de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences et des technologies. La présente section vise à décrire les types de modèles, les attributs qui caractérisent les modèles et les différentes fonctions des modèles dans l'éducation scientifique.

1.2.1 Les types de modèles

Soulignons d'entrée de jeu qu'il existe différentes catégorisations des modèles scientifiques. De manière très simple, on peut les regrouper en deux grandes catégories : les modèles physiques et les modèles symboliques (Hasni et Roy, 2008). Les modèles physiques traduisent les phénomènes sous forme de représentation concrète. Ils constituent un schéma simplificateur qui se substitue à la grande complexité de la nature. C'est le cas par exemple de la représentation iconique d'un atome, d'une molécule ou d'un gène. C'est aussi le cas de la représentation du cycle de l'eau sous la forme d'une maquette ou d'un système tubes-pompe qui représente le système circulatoire sanguin. Les modèles symboliques sont exprimés dans des langages formalisés comme le langage iconique (tableaux, courbes, diagrammes, etc.) et le langage logico-mathématique (*Ibid.*). C'est le cas, par exemple, de la formule mathématique ou de la représentation d'une fonction mathématique qui permet d'illustrer la pression d'un gaz dans une sphère en fonction de la température ambiante. Si l'on peut catégoriser les modèles en deux grandes catégories, on peut s'interroger sur les caractéristiques qu'ont en commun les modèles.

1.2.2 Les caractéristiques d'un modèle

En s'appuyant sur différents écrits (Astolfi *et al.*, 2001; Bachelard, 1979, Driel et Verloop, 2002; Giordan et De Vecchi, 1987; Guichard, 1994; Martinand, 1987, 1992;

Larcher, 1994; Orange, 1994) de la documentation scientifique, on peut dégager au moins neuf caractéristiques principales d'un modèle :

1. Le modèle est un outil pour réfléchir ou pour obtenir de l'information à propos d'un objet ou d'un phénomène, lequel ne peut être observé ou mesuré directement;
2. Le modèle est une représentation simplifiée de la réalité qui exclut de façon intentionnelle certains attributs d'un objet ou d'un phénomène. Il ne se substitue donc pas à la réalité. Comme le soulignent Giordan et De Vecchi (1987), la « réalité n'est ni transparente, ni directement accessible; il faut la décoder, et pour cela il est nécessaire de la simplifier, en ne conservant d'elle que les éléments et les relations qui nous semblent pertinents pour chaque sujet traité » (p. 186). Dans le même sens, pour Guichard (1994) : « La réalité ne peut jamais être appréhendée dans son ensemble et on ne considère que certains facteurs en jeu » (p. 82). En d'autres mots, Astolfi *et al.* (2001) mentionnent que le modèle est un outil puissant que l'on peut manipuler et que l'on utilise en fonction des besoins, en fonction des aspects d'un phénomène que l'on souhaite expliquer et que l'on peut abandonner au-delà de leur limite de validité. Ils ajoutent également qu'il ne s'agit pas de savoir si le modèle est vrai ou faux, mais plutôt de voir comment il permet de mieux comprendre certains aspects du phénomène à l'étude (*Ibid.*);
3. Le modèle est une construction de l'esprit. Il n'est donc pas un fait statique. Comme le mentionne Orange (1994), « le modèle n'a pas de sens s'il n'est pas pris pour quelque chose de construit » (p. 26). On peut donc « le modifier, le bricoler en fonction des besoins » (Larcher, 1994, p. 21). Ainsi, comme nous le rappelle Orange, « aucun modèle n'est intellectuellement neutre » (*Ibid.*, p. 30);
4. Le modèle présente des analogies entre le phénomène à l'étude et le modèle, ce qui permet au modélisateur d'émettre des hypothèses sur le phénomène et de les tester sur le modèle. Il est « une représentation à caractère systémique, mais aussi hypothétique liée à la nécessité de résoudre un problème » (Guichard, 1994, p. 82);
5. Le modèle est un objet relationnel qui met en correspondance deux registres qu'il est nécessaire de distinguer (Martinand, 1987, 1992; Orange, 1994), soit le registre

du référent empirique, qui décrit la phénoménologie dont on veut essayer de rendre compte et le registre du modèle proprement dit, ou de l'élaboration modélisante, avec des outils et des exigences qu'ils lui sont propres. Dans le même sens, Bachelard (1979) souligne que « le modèle n'est jamais un objet pris pour soi. Il est toujours relationnel : modèle pour, modèle de, il renvoie à autre chose que lui-même » (p. 3). Giordan et De Vecchi (1987) insistent, quant à eux, sur le fait qu'un « modèle est produit pour être mis en correspondance avec un ensemble de situations, c'est-à-dire avec un certain nombre d'objets sur lesquels on peut opérer des transformations prédéterminées (démonstration, raisonnement ou démarches expérimentales) » (p. 186);

6. Le modèle est un objet autonome en soi. En effet, même « si l'on ne considère pas le modèle pour soi, on lui demande de fonctionner par soi, comme dans un automatisme auquel provisoirement nous ne serions pas mêlés » (Bachelard, 1979, p. 3);
7. Le modèle est construit sur la base de codes symboliques verbaux, iconiques, graphiques, etc. Par ailleurs, ces codes sont nécessaires au raisonnement et à la communication du modèle;
8. Le modèle n'est pas une construction unique. Plusieurs modèles possibles tout aussi pertinents peuvent représenter un même phénomène scientifique;
9. La construction d'un modèle se réalise à travers un processus itératif guidé par des questions de recherche où les données empiriques du phénomène à l'étude peuvent servir de révision du modèle et dont le modèle devient un outil pour tester le phénomène étudié.

1.2.3 Les fonctions des modèles

Comme le souligne Martinand (1992), les modèles ont essentiellement trois fonctions : 1° la fonction de représentation; 2° la fonction d'explication; 3° la fonction de prédiction.

1.2.3.1 La fonction de représentation. La fonction de représentation est une fonction que partagent tous les modèles scientifiques. Guichard (1994) affirme que la fonction de représentation est fondamentale pour l'apprenant, car celui-ci a besoin d'images pour rendre compte des données et pour comprendre les processus d'une expérience. C'est aussi ce qu'a dégagé Martinand (1992) dans ses travaux expérimentaux sur les modèles et la modélisation dans les classes de sciences du primaire et du secondaire. En raison de leur nature, les modèles doivent pouvoir, comme le soulignent Giordan et De Vecchi (1987), « symboliser un ensemble de faits, à travers une structure explicative générale que l'on peut ensuite confronter à la réalité pour voir si elle reste pertinente » (p. 186). Pour Genzling et Pierrard (1994), « tous les modèles permettent de se représenter la structure ou le fonctionnement d'un objet, la production d'un phénomène, l'état d'un système » (p. 67). Selon Giordan et Martinand (1987), les modèles permettent l'appréhension de deux aspects majeurs de la réalité : 1° ils facilitent la représentation du "caché" : en remplaçant les représentations premières par des variables, des paramètres et des relations entre variables, ils font passer à des représentations plus relationnelles et hypothétiques; 2° ils aident à penser le "complexe" : en identifiant et manipulant de bons systèmes, ils permettent de décrire des variables d'état et d'interaction, les relations internes entre ces variables, les valeurs de contraintes extérieures.

Pour l'apprenant, le modèle constitue donc un outil qui « l'aide à se représenter ce qu'il ne voit pas » (Guichard, 1994, p. 83). Pour répondre à des questions complexes, les élèves sont souvent amenés, à défaut de décrire l'objet (ou le système) qui est à la source du problème, à se le représenter. À titre d'exemple, l'enseignant peut demander aux élèves de faire l'observation des phases lunaires sur une période mensuelle et de représenter leurs observations à l'aide d'un modèle physique (représentation iconique). La représentation à l'aide de modèles peut donc soutenir la compréhension des objets ou des phénomènes dont les réponses ne peuvent être obtenues par une simple description de ceux-ci.

1.2.3.2 La fonction d'explication. Il est important de distinguer comme le soulignent Astolfi *et al.* (2001), en reprenant les propos de Wallon, « le niveau de représentation *stricto sensu*

des modèles de celui de l'explication » (p. 97). Dans le domaine des sciences, les activités de modélisation se rattachant principalement à ce second niveau, comme l'indique Victor Host (cité par Astolfi *et al.*, 2001 p. 97): « L'explication scientifique repose sur la construction de modèles ou de théories. Un modèle est une construction de l'esprit qui se substitue à l'objet réel pour l'ensemble des opérations intellectuelles qu'on peut effectuer sur ce dernier (déduction, analyse, synthèse, application) ». Si la fonction de représentation constitue une fonction qu'ont en commun tous les modèles, la fonction d'explication est très souvent interpellée puisque la modélisation en classe intervient souvent en fonction d'un besoin d'explication (Astolfi et Develay, 2002; Genzling et Pierrard, 1994). Les élèves construisent ou utilisent des modèles en vue de répondre à des questions d'ordre scientifique ou technologique. Ces questions peuvent porter sur le pourquoi d'un phénomène (Pourquoi la lune change-t-elle d'aspect? Pourquoi la durée des jours varie-t-elle au cours de l'année?), sur le fonctionnement d'un objet technologique (Comment fonctionne un moteur électrique?), sur les causes d'une transformation physique (Pourquoi l'eau des nuages se change-t-elle en neige?) ou d'un mouvement (Quelles sont les variables qui influencent le mouvement d'un pendule?), etc.

Mais quel sens attribue-t-on à la notion d'explication? Selon Genzling et Pierrard (1994), la notion d'explication, dans le contexte des modèles et de la modélisation, peut prendre deux sens différents et complémentaires.

Pour reprendre les termes de Genzling et Pierrard (1994): « Expliquer un phénomène, un fait d'observation, une propriété ou une variation de propriété, c'est relier ce phénomène, ce fait d'observation, cette propriété... à un ou plusieurs descripteurs (propriétés, grandeurs physiques, etc.) du système qui fait problème » (p. 69). Dans cette perspective, si le modèle constitue un outil de médiation pour cette mise en relation grâce à son pouvoir d'interprétation et aux relations sémantiques qu'il permet de construire entre le registre empirique et l'ensemble des descripteurs du système, on dira que le modèle présente un pouvoir explicatif (*Ibid.*). À titre d'exemple, des élèves du primaire pourraient être amenés à utiliser un modèle physique représenté par une maquette (une ampoule et une

balle de styromousse traversée d'une aiguille) pour expliquer l'alternance des jours et des nuits dans le système Soleil-Terre. La simulation de la maquette par les élèves permet de construire la relation recherchée : les élèves transposent les observations qu'ils effectuent sur la maquette au système réel pour expliquer l'effet de la rotation de la Terre sur la succession des jours et des nuits. Dans un deuxième sens :

Expliquer, c'est aussi travailler sur le possible, c'est insérer ce qui est réalisé dans le possible. Le modèle est une représentation du possible. Il peut expliquer, ou on peut expliquer avec le modèle si, quand on l'utilise, on retrouve la représentation du phénomène observé (que l'on cherche à expliquer) (*Ibid.*, p. 69).

C'est le cas par exemple lorsqu'on souhaite expliquer la structure d'un atome à l'aide d'un modèle.

1.2.3.3 La fonction de prédiction. Plusieurs auteurs (Giordan et De Vecchi, 1987; Genzling et Pierrard, 1994; Larcher, 1994; Robardet et Guillaud, 1997) reconnaissent la puissance des modèles pour leur fonction de prédiction. Pour Giordan et De Vecchi (1987) :

Un modèle ne doit pas simplement clarifier un ensemble d'éléments, il doit aussi permettre de faire des prévisions. Il sera d'autant plus pertinent qu'il pourra fonctionner dans les situations les plus diverses et qu'il autorisera des prévisions avancées (p. 186).

Genzling et Pierrard (1994) nous parlent aussi du lien important entre la fonction d'explication et la fonction de prévision des modèles. Ils soulignent que « si expliquer, c'est insérer dans ces possibles ce qui est réalisé, observable, prédire, ce sera faire apparaître dans ces possibles une nécessité » (p. 72). Selon ces auteurs, la prédiction d'un phénomène est adéquate si on peut lui faire correspondre, après coup, un observable. La fonction de prédiction permet ainsi de tester la validité du modèle.

À titre d'exemple¹³ à l'école primaire, les élèves sont amenés à construire un modèle concret en astronomie qui consiste en une maquette qui est constituée d'une ampoule et d'une balle en mousse traversée par une aiguille. Cette maquette vise à prédire le mouvement de l'ombre d'un objet vertical (arbre, piquet, etc.) lors d'une journée ensoleillée. Le modèle est exprimé par deux codes symboliques (ou signifiants) différents : l'ensemble des phrases (celles qui définissent le modèle) de la maquette et cette dernière traduisant ces phrases. La résolution du problème peut être obtenue par la simulation du modèle à l'aide de la maquette. L'animation de la maquette par les élèves, c'est-à-dire l'utilisation du modèle qu'ils ont construit et l'observation sur cette maquette des variations de l'ombre en fonction de la position de la lampe de poche, fournit une représentation des variations de l'ombre. En les reconnaissant comme une conséquence nécessaire de l'utilisation de la maquette, les élèves font des prévisions. Ces prévisions peuvent être confirmées par l'observation réelle de la variation de l'ombre que projette un arbre sur le sol lors d'une journée ensoleillée.

1.3 Les notions de conceptualisation et de modélisation

Comme nous l'avons souligné précédemment dans la problématique, les processus de conceptualisation et de modélisation devraient être au cœur des apprentissages disciplinaires en sciences et technologies. Plusieurs chercheurs (Astolfi et Develay, 2002; Astolfi *et al.*, 2001; Fourez, 1994; Giordan et De Vecchi, 1987) justifient la place centrale de la conceptualisation dans les apprentissages scolaires étant donné qu'elle fait partie intégrante de la production des savoirs scientifiques et technologiques. C'est grâce à la conceptualisation que l'être humain peut mieux comprendre le monde et interagir avec lui. En effet, pour comprendre le monde, il faut d'abord le conceptualiser. Cela rejoint l'essence même de l'activité scientifique (Astolfi et Develay, 2002) :

Les sciences de la nature élaborent des concepts qui s'organisent en systèmes conceptuels pour expliquer des réalités existantes. Le but des

¹³ Situation inspirée de Genzling et Pierrard (1994)

sciences est une description aussi exacte que possible des faits (observés ou produits expérimentalement). Le pouvoir d'action sur le monde naturel n'est donc possible à l'individu que par une appropriation préalable des concepts scientifiques (p. 22).

Dans un même ordre d'idée, Astolfi *et al.* (2001) soutiennent que :

La science organise les données de l'expérience pour construire des concepts, qui établissent des relations stables entre des phénomènes ou des grandeurs : définitions, lois [...] Cette activité de conceptualisation se retrouve au cœur des apprentissages scientifiques (p. 248).

Par ailleurs, puisque « faire des sciences, c'est se donner une représentation simplifiée et réductrice de la complexité du monde » (Fourez, 1994, p. 56), les activités de modélisation devraient aussi être au cœur de l'éducation scientifique. Ainsi, on devrait faire en sorte que les élèves puissent non seulement s'approprier les modèles scientifiques historiques, mais qu'ils puissent aussi développer leur capacité à les construire et à les utiliser.

Lorsque nous abordons la question de la conceptualisation et de la modélisation dans l'enseignement-apprentissage des sciences et des technologies, on peut le faire en s'inscrivant essentiellement selon deux perspectives (Hasni et Roy, 2006) : 1° la première perspective renvoie aux processus cognitifs (Carey, 1991; Chi et Roscoe, 2002; Disessa, 2002; Mayer, 2002; Postner, Strike, Hewson et Gertoz, 1982; Strike et Posner, 1985, 1992; Vosniadou, 2002) par lesquels les élèves s'approprient les savoirs conceptuels (les concepts et les modèles scientifiques); 2° la deuxième perspective renvoie aux démarches d'enseignement-apprentissage (Altet, 1997; Houssaye, 2000; Larose et Lenoir, 1998; Lenoir, 1991; Not, 1979, 1987) mises en œuvre par les enseignants et les élèves pour la construction des savoirs conceptuels. Dans ce mémoire, nous nous centrons sur la deuxième perspective, puisque c'est celle-ci qui renvoie à l'objet de notre étude.

Dans les paragraphes qui suivent, nous nous baserons sur les « modèles d'intervention éducative » (Larose et Lenoir, 1998; Lenoir, 1991; Not, 1979, 1987) pour

illustrer les quatre principales catégories de démarches d'enseignement-apprentissage dans lesquelles peuvent s'inscrire les enseignements et les apprentissages disciplinaires dans le contexte scolaire. Nous présenterons de manière plus spécifique comment les aspects liés à la conceptualisation et à la modélisation en sciences peuvent être opérationnalisés dans la quatrième catégorie, soit celle qui renvoie aux démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste.

1.3.1 Quatre catégories de modèles d'intervention éducative

À l'école, différentes démarches d'enseignement-apprentissage peuvent être mises en place pour amener les élèves à conceptualiser des savoirs (Altet, 1997; Houssaye, 2000; Larose et Lenoir, 1998; Lenoir, 1991; Not, 1979, 1987). De manière synthétique, nous pouvons les illustrer en quatre catégories à travers le cadre des modèles d'intervention éducative (Larose et Lenoir, 1998; Lenoir, 1991) : 1° les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur la transmission-réception des savoirs; 2° les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur les intérêts des élèves; 3° les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur les objectifs; 4° les démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste.

1.3.1.1 Les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur la transmission-réception des savoirs. Les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur la transmission-réception des savoirs s'inscrivent dans la pédagogie de la révélation du savoir. L'enseignement est considéré comme un processus de transmission d'un savoir préétabli, « soit par exposition et imposition, soit par imitation de modèles passés et imprégnation, selon diverses modalités d'intervention » (Larose et Lenoir, 1998, p. 198) et l'apprentissage est considéré comme un processus de structuration hétéronome contrôlé par l'enseignant et où le rôle de l'élève se résume à recevoir le savoir qui lui est transmis. Dans ces démarches, on ne s'intéresse ni au processus d'apprentissage ni à la démarche mise en œuvre pour amener l'élève à s'approprier le savoir. On ne s'intéresse qu'au savoir lui-même (Hasni et Lebrun, 2008).

Dans l'éducation scientifique, ces démarches peuvent avoir des apports intéressants si ce n'est qu'elles permettent de réaliser une économie de temps considérable étant donné leur mode direct de diffusion des savoirs. Cependant, elles présentent des limites importantes pour plusieurs raisons.

Premièrement, parce que cette manière de diffuser les savoirs ne prend pas en compte les représentations initiales des élèves. Comme le soutiennent Astolfi et Develay (2002), « un véritable apprentissage scientifique se définit au moins autant par les transformations conceptuelles qu'il produit chez l'individu que par le produit de savoir qui lui est dispensé » (p. 30).

Deuxièmement, parce que ces démarches ignorent le caractère de construit des concepts scientifiques. On y réduit les concepts à des “coffres” pour reprendre l'expression de Weissman. Dans ces démarches, l'enseignant s'interdit de raisonner sur les savoirs au profit de la diffusion d'une quantité importante de supposés faits pourtant détachés des conditions qui leur confèrent une signification (Giordan et De Vecchi, 1987). Cela entraîne comme conséquence que les savoirs sont transmis comme une somme de connaissances dogmatiques et incohérentes puisqu'ils ne sont pas organisés, les rendant pour ainsi dire inefficaces.

Troisièmement, parce que ces démarches ne prennent en considération ni la phase de problématisation ni la phase de résolution essentielles à toute démarche à caractère scientifique (Hasni, 2006). Pourtant, Astolfi et Develay (2002) soulignent que « dans le travail scientifique effectivement, une méthode n'a jamais de sens qu'en fonction d'une question et d'un problème » (p. 76).

1.3.1.2. Les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur les intérêts des élèves.
Les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur les intérêts des élèves s'inscrivent dans les pédagogies dites actives, non directives, du tâtonnement empirique ou du hasard. L'enseignement est considéré comme un processus par lequel l'enseignant met à

la disposition des élèves des environnements d'apprentissage fondés sur des intérêts et des besoins des apprenants et ancrés dans leurs visées personnelles. Le rôle de l'enseignant se résume à celui d'animateur, et pas nécessairement de médiateur. Au cœur de ces démarches, l'élève est vu comme porteur inné d'une démarche d'apprentissage (Hasni et Lebrun, 2008) et l'apprentissage se réalise essentiellement par une investigation spontanée (non dirigée) du réel suivie d'une structuration aléatoire (Larose et Lenoir, 1998).

Dans l'éducation scientifique, cette vision de l'enseignement et de l'apprentissage correspond à une position "naturaliste" de l'élaboration du savoir qui postule l'idée qu'il existerait chez l'élève un système naturel d'apprentissage des savoirs conceptuels, système qui est d'autant plus efficace s'il existe une bonne correspondance entre le mode d'acquisition des savoirs et la démarche expérimentale en sciences (Astolfi et Develay, 2002; Josuha, 1985). Dans cette perspective, l'élève s'approprie les savoirs par une démarche inductive où il n'a qu'à regarder, observer, comparer, raisonner et conclure. Autrement dit, l'appropriation des savoirs correspond à un processus de mise en ordre du réel par lequel le savoir se construit "silencieusement" pour reprendre l'expression de Josuha (*Ibid.*). À la limite, il n'y a pas de savoirs en jeu ou encore, il n'est pas nécessaire de confronter les résultats de recherche de l'élève aux savoirs validés scientifiquement (Larose et Lenoir, 1998).

1.3.1.3 Les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur les objectifs. Les démarches d'enseignement-apprentissage centrées sur les objectifs s'inscrivent dans la pédagogie de la découverte ou du dévoilement. L'enseignement est considéré comme un processus par lequel l'enseignant met à la disposition des élèves des environnements d'apprentissage directifs qui leur permettent de découvrir progressivement le savoir. L'apprentissage est considéré comme un processus de structuration contrôlée de façon hétéronome suivi d'une investigation contrôlée. Dans les activités d'apprentissage qui sont proposées par l'enseignant, l'implication de l'élève demeure partielle puisque les fondements sous-jacents à l'apprentissage s'inscrivent dans une logique de transmission

d'un savoir préstructuré. Ici, les processus personnels d'appropriation des savoirs ne sont aucunement pris en considération et la problématisation s'avère inutile (*Ibid.*).

1.3.1.4 Les démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste.

Les démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste s'inscrivent dans la pédagogie interactive ou de la recherche. L'enseignement est considéré comme un processus par lequel l'enseignant met à la disposition des élèves des environnements d'apprentissage qui les amènent à construire leur savoir. Si ces démarches impliquent que l'élève joue un rôle actif dans la construction du savoir, elles demandent à l'enseignant d'assurer un rôle de médiateur entre le savoir et l'élève. L'apprentissage est considéré comme un processus par lequel l'élève est appelé à interroger et à transformer le réel en le conceptualisant, en construisant la réalité (*Ibid.*).

Dans l'éducation scientifique, cette vision de l'enseignement et de l'apprentissage correspond à une position constructiviste selon laquelle il faut « faire des modalités de la conceptualisation des élèves le moteur principal de la progression » des savoirs, mais tout en reconnaissant la place importante de l'enseignant au cœur de la médiation savoir-élève (Astolfi et Develay, 2002, p. 74). S'inscrire dans une logique constructiviste, c'est soutenir l'idée de Papert (1994) selon laquelle chaque fois qu'on explique quelque chose à un enfant, on l'empêche de l'inventer. C'est en même temps reconnaître l'importance de la fonction de médiation de l'enseignant pour soutenir le processus de conceptualisation (Charlot, Bauthier et Rochex, 1992). Charlot *et al.* (1992) affirment qu'une véritable "théorie de l'activité" en sciences nécessite, de la part de l'enseignant, une dialectique régulière entre deux logiques différentes qui devraient s'articuler en complémentarité : la "logique de l'effectuation" (face matérielle de l'activité) et la "logique de la compréhension" (face conceptuelle de l'activité).

Les démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste comportent une phase d'investigation spontanée, une phase d'investigation contrôlée et une phase de structuration régulée (Larose et Lenoir, 1998).

Dans la phase d'investigation spontanée, l'enseignant engage l'élève dans une situation-problème ancrée dans la réalité de l'élève afin qu'il puisse interroger le réel d'une part, et qu'il puisse explorer et exprimer ses représentations initiales, d'autre part (Hasni et Lebrun, 2008). Cette première phase d'investigation conduit l'élève à construire un problème et à formuler des questions de recherche (*Ibid.*). Par leur modèle d'investigation-structuration, Astolfi et Develay (2002) nous rappellent l'importance « de faire émerger des problèmes scientifiques des problèmes de vie, en s'appuyant sur les idées et les représentations des élèves » (p. 109). Cette phase de problématisation du réel « laisse entrevoir aux élèves que ces derniers ont dû être construits, ailleurs et par d'autres, sur un mode analogue, au lieu de résulter d'une vérité révélée » (*Ibid.*, p. 109). Dans la section des démarches à caractère scientifique qui suit, nous aborderons la question de la problématisation de manière plus détaillée.

Dans la phase d'investigation structurée, l'enseignant soutient, guide et encadre l'élève dans l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan de recherche pour répondre aux questions de recherche qu'il a formulées. Le plan de recherche inclut l'identification des données du problème à obtenir, l'élaboration de l'outil de collecte de données et les stratégies de collecte des données (Larose et Lenoir, 1998). Selon Astolfi et Develay (2002), il s'agit d'une phase où l'enseignant anime, relance, conseille, présente des exigences, observe les élèves tout en leur laissant un certain degré d'autonomie, oriente les activités de manière indirecte par des suggestions ou des apports qui modifient les activités et facilitent les échanges entre les membres du groupe.

Dans la phase de structuration régulée, l'élève est appelé à organiser, à classer et à mettre en relation les données recueillies, d'une part, et à synthétiser ces données de manière à (re)structurer son système d'interprétation du réel, d'autre part (Larose et Lenoir, 1998). Il s'agit d'une phase où l'enseignant provoque des moments structurants en reformulant les actions et les propositions énoncées par les élèves et en prévoyant des moments d'explication, de vérification, de confrontation et de communication (Astolfi et Develay, 2002). Dans la phase de structuration régulée, l'élève est appelé à construire une

nouvelle compréhension du monde, celle-ci étant objectivée au regard des représentations initiales explorées et exprimées dans la phase de la construction et de résolution du problème (Larose et Lenoir, 1998).

Dans l'éducation scientifique, les démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste renvoient plus particulièrement aux démarches à caractère scientifique.

1.3.2 Les démarches à caractère scientifique

Si les différentes démarches que nous avons énumérées précédemment ont leur place dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences, Hasni et Roy (2006) insistent avec d'autres chercheurs (Astolfi *et al.*, 1997, Lenoir, 1991; Niaz, 1998a) sur le fait que les démarches à caractère scientifique doivent occuper une place centrale dans la construction des savoirs en sciences. Ainsi, Hasni et Roy (2006) affirment que :

Faire apprendre des concepts aux élèves ne consiste donc pas à leur présenter, en les expliquant, des définitions bien choisies des concepts considérés; il ne signifie pas non plus à demander aux élèves de chercher les définitions dans les manuels ou sur Internet ni à mettre en place des situations soigneusement préparées pour permettre aux élèves de deviner la "bonne réponse" ou la "bonne définition" (p. 136).

D'ailleurs, Martinand (1994) souligne que « ce qui est intéressant avant tout, c'est le processus de conceptualisation que les élèves peuvent prendre en charge, en tout ou en partie, et non les concepts plus ou moins préorganisés que nous pouvons leur présenter au nom de la science ou des programmes » (dans Hasni et Roy, 2006, p. 136).

Lorsqu'on parle de démarches à caractère scientifique, il est important de savoir qu'il n'existe pas une démarche scientifique unique et stéréotypée telle la démarche scientifique OHERIC qui découle d'une interprétation des travaux de Claude Bernard et qui

influence encore aujourd'hui l'enseignement des sciences (Astolfi *et al.*, 2001, Bernard, 1966). Appréhender la démarche scientifique de cette manière, comme le rapportent Hasni et Samson (2008a), présuppose que l'on peut expliquer n'importe quel phénomène par le biais d'un processus linéaire où l'on effectue d'abord une observation (O) neutre, qui conduit à la formulation d'hypothèses (H), qui, elles, impliquent une expérimentation visant à les infirmer ou à les confirmer. L'expérimentation (E) permet ainsi d'obtenir des résultats (R) qui sont interprétés (I) et sur lesquels nous pouvons tirer des conclusions (C) au regard des hypothèses de départ.

Cette manière de considérer la démarche scientifique ne fait pas sens lorsqu'on regarde l'activité réelle des scientifiques (Astolfi *et al.*, 2001). En effet, une analyse des cahiers de laboratoire de Claude Bernard, que l'on prétend être le père de la méthode expérimentale, a démontré qu'il n'a jamais recouru à cette méthode dans ses recherches quotidiennes (*Ibid.*). Il faut aussi savoir que cette manière d'appréhender la démarche scientifique, que certains associent à une épistémologie inductiviste ou réaliste (Robardet et Guillaud, 1997), a été remise en question dès le début des recherches en didactiques des sciences. En effet, cette méthode canonique :

S'est vite avérée n'être qu'un schéma reconstruit, largement réifié, et sans grande valeur formative, puisqu'elle ne correspond [...] ni au fonctionnement réel de l'activité scientifique, ni à des procédures que sont en mesure de suivre les élèves. Ce schéma peut être utile en termes de compte rendu, mais n'est pas fonctionnel lorsqu'il s'agit de conduire et de construire une explication (Astolfi *et al.*, 2001, p. 91).

Par démarches à caractère scientifique, nous entendons les démarches en sciences qui sollicitent la construction de problématiques scientifiques et la mise en œuvre de stratégies de recherche qui permettent de leur apporter des réponses ou des solutions reconnues par la communauté scientifique (Hasni et Roy, 2006). En s'appuyant sur différents écrits (Astolfi *et al.*, 2001; Hasni *et al.*, 2009a; Hasni et Roy, 2006; Hasni et Samson, 2008a, 2008b; Martinand, 1994) portant sur les démarches à caractère scientifique selon une épistémologie constructiviste, nous pouvons distinguer au moins les idées

suivantes : 1° la problématisation doit occuper une place centrale dans l'activité scientifique; 2° il existe une diversité de démarches à caractère scientifique; 3° la construction des savoirs conceptuels s'inscrit dans un processus dynamique entre le monde empirique et le monde théorique; 4° la construction des savoirs conceptuels s'inscrit dans un processus circulaire; 5° les démarches de modélisation visent à élaborer des savoirs conceptuels.

La prise en compte de ces cinq idées s'avère nécessaire si l'on souhaite amener les élèves à développer leur compétence à mettre en œuvre des démarches à caractère scientifique pour apporter des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique, d'une part, et pour qu'ils puissent construire des savoirs conceptuels, d'autre part.

1.3.2.1 La problématisation doit occuper une place centrale dans l'activité scientifique.

Engager les élèves dans des démarches à caractère scientifique ne consiste pas seulement à leur présenter un problème déjà formulé et à leur demander de le résoudre (Hasni et Roy, 2006). Maîtriser des démarches à caractère scientifique nécessite également d'être en mesure de construire des problèmes. Plusieurs auteurs (Astolfi et Develay, 2002; Astolfi *et al.*, 1997; Bachelard, 1970; Brousseau, 1986; Brunet, 1998; Fabre, 1999; Kuhn, 1970; Popper, 1985) qui s'intéressent à la philosophie, à l'histoire ou à la didactique des sciences, soulignent la place importante de la problématisation dans l'activité scientifique.

En sciences, la problématisation constitue une phase nécessaire qui précède la résolution du problème. En d'autres mots, la mise en œuvre d'une démarche à caractère scientifique se réalise à partir d'un questionnement initial qui s'inscrit dans une problématique. Ainsi, l'activité scientifique se caractérise autant par la capacité à poser des problèmes que par l'aptitude à les résoudre (Astolfi et Develay, 2002). Comme le disait Bachelard (1970) : « L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes » (p. 15). Popper (1985) allait

même jusqu'à dire que « la science ne commence que s'il y a problèmes » (p. 68). De son côté, Fabre (1999), en préconisant une pédagogie qui s'inscrit dans une perspective constructiviste, soit la "pédagogie de construction des problèmes", affirme que l'objectif de l'enseignant de sciences ne devrait pas seulement se restreindre à ce que les élèves trouvent la solution au problème posé, mais qu'ils puissent également contribuer à la construction du problème. Dans le même sens, Astolfi *et al.* (1997) soulignent que « le problème, en réalité, doit être construit avec la classe en cours d'activité, car l'activité scientifique ne revient pas seulement à « résoudre des problèmes [...], mais elle consiste d'abord à *apprendre à les poser* » (p. 81). Si c'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept a du sens pour l'élève (Brousseau, 1986), c'est au cœur de la phase de problématisation que la construction des concepts prend naissance. En effet, Brunet (1998) disait que, dans les domaines scientifiques, « le problème n'apparaît pas simplement, il faut d'abord le construire, le formuler puis essayer de le résoudre et le reformuler encore. Au cours de cette activité de problématisation, la construction du savoir se produira tout autant que lors de sa résolution » (p. 168).

Si la problématisation est une phase essentielle qui précède la résolution du problème, amener les élèves à construire une problématique pertinente peut s'avérer un véritable défi pour l'enseignant de sciences. Il s'avère donc pertinent de s'interroger sur les conditions qui favorisent la problématisation. En nous appuyant sur divers écrits (Astolfi et Develay, 2002; Astolfi *et al.*, 2001; Hasni et Roy, 2006; Hasni et Samson, 2008a; De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 2002; Vosniadou, 1994; Vygotski, 1997) de la documentation scientifique, nous pouvons énoncer au moins cinq idées à prendre en compte à ce sujet.

Une première idée qu'il faut retenir lorsqu'on souhaite amener les élèves à problématiser est la nécessité de prendre en compte les savoirs des élèves dans la construction d'un problème d'ordre scientifique (Hasni et Samson, 2008a). Comme nous l'avons souligné précédemment, avant même d'engager les élèves dans une quelconque activité scientifique, les élèves ont déjà eu de nombreuses expériences avec la réalité du

monde empirique et se sont construit des représentations initiales en lien avec différents phénomènes scientifiques (Vosniadou, 1994). Ces représentations initiales, de même que les savoirs acquis, influencent la manière dont les élèves construisent les problèmes et interprètent les phénomènes scientifiques (Hasni et Samson, 2008a). Ainsi, l'enseignant a tout intérêt, lors du choix d'une mise en situation visant la problématisation, de s'assurer que les élèves possèdent les savoirs nécessaires à la construction et à la compréhension du problème. Il importe de se rappeler que « ce qui constitue un problème scientifique pour le chercheur ou pour l'enseignant, ne l'est pas nécessairement pour les élèves » (*Ibid.*, p. 27).

Une deuxième idée qu'il faut retenir lorsqu'on souhaite amener les élèves à problématiser est celle d'ancrer le problème dans leur propre réalité. Comme le soulignent Astolfi et Develay (2002), « une partie des activités didactiques est commandée par le souci de faire émerger des problèmes scientifiques des problèmes de vie, en s'appuyant sur les idées et les représentations des élèves » (p. 109). Dans la mesure du possible, le problème construit doit s'inscrire dans une situation complexe, si possible liée au réel, et sa résolution peut ouvrir sur différentes solutions acceptables (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996, 2002). Ancrer le problème dans la réalité de l'élève, c'est aussi susciter son intérêt à interroger le réel et construire le problème sur la base de ses interrogations. La formulation d'un problème ne peut se résumer à poser des questions aux élèves pour qu'ils acceptent de jouer le jeu. La formulation d'un problème nécessite d'amener les élèves à se poser des questions et de les aider à les formuler clairement. L'enseignant doit donc faire naître le questionnement chez les élèves (*Ibid.*). Cette activité de formulation permet de faire l'objet d'un ou de plusieurs moments de métacognition (*Ibid.*). La construction d'un problème est d'autant plus facile lorsque celui-ci naît au cours d'une activité où les élèves sont profondément engagés et où sa formulation est basée sur leurs questionnements (Astolfi *et al.*, 2001).

Une troisième idée qu'il faut retenir lorsqu'on souhaite amener les élèves à problématiser est celle qu'il faut proposer un problème qui place les élèves en situation de conflit cognitif. Le problème construit doit présenter une véritable rupture, allant à

l'encontre des conceptions initiales de l'élève, ce qui provoque l'élève et, par là, donne du sens à l'activité de résolution du problème (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 2002). Le problème doit être construit de sorte que sa résolution permette de déconstruire les modèles explicatifs initiaux s'ils sont inadaptés ou erronés et de reconstruire des modèles appropriés tout en débouchant sur au moins un nouveau savoir (concepts, modèles, loi, etc.) (*Ibid.*).

Une quatrième idée qu'il faut retenir lorsqu'on souhaite amener les élèves à problématiser est celle de s'assurer de construire un problème adapté au niveau cognitif des élèves. Vygotski (1997) disait que les problèmes que l'on souhaite faire construire aux élèves doivent se situer dans leur zone proximale de développement (ZPD). En se basant sur ce concept, Weil-Barais et Lemeignan (1994) suggèrent qu'il faut « aider les élèves à construire des connaissances nouvelles en utilisant les registres de fonctionnement où ils ont déjà acquis une certaine autonomie (domaine d'expériences, invariants conceptuels ou opératoires, systèmes symboliques) » (p. 97). En d'autres termes, il faut, selon De Vecchi et Carmona-Magnaldi (2002), « proposer aux élèves des problèmes liés à un obstacle repéré, défini, considéré comme "dépassable" et dont les apprenants doivent prendre conscience à travers l'émergence de leurs conceptions (représentations mentales) » (p. 47). En s'assurant que le problème construit est adapté au niveau cognitif des élèves, l'enseignant leur offre une occasion de s'engager dans une véritable activité de recherche (Astolfi *et al.*, 2001).

Une cinquième idée qu'il faut retenir lorsqu'on souhaite amener les élèves à problématiser est celle qu'il faut accompagner les élèves dans la construction d'un problème. Ici, il n'est donc pas question de laisser les élèves à eux-mêmes lors de la construction du problème. Dans la pédagogie de la construction des problèmes, Astolfi *et al.* (2001) soulignent que :

L'enseignant intervient de façon décisive, mais plutôt comme un accompagnateur, un stimulateur, et un reformulateur, en faisant rebondir le questionnement, en provoquant des comparaisons et des oppositions, en introduisant la nécessité de traces écrites. Pour que, au terme de ce processus, un savoir scientifiquement acceptable puisse être construit

avec la classe, il paraît évident que son rôle est encore plus essentiel (p. 178).

1.3.2.2 Il existe une diversité de démarches à caractère scientifique. Soulignons d'entrée de jeu que la démarche expérimentale n'est pas la seule démarche à caractère scientifique. Dans les activités scientifiques, la résolution d'un problème nécessite le recours à une stratégie à caractère scientifique appropriée à la nature du problème que l'on souhaite résoudre. Dans plusieurs cas, la résolution d'un problème ne nécessite ni l'émission d'une hypothèse, ni la mise en œuvre d'une expérimentation avec un contrôle de variables (Hasni et Samson, 2008b). Nous pouvons en citer de nombreux cas dans toutes les disciplines scientifiques.

Les deux exemples suivants, tirés intégralement d'un article d'Hasni et Samson (2008b), montrent des problèmes (le premier concerne la nutrition végétale et le deuxième concerne l'origine de l'apparition de feuilles sur les arbres) qu'un enseignant de sciences du premier cycle du secondaire pourrait présenter à ses élèves. Ils illustrent les spécificités et les points communs de deux démarches à caractère scientifique auxquelles les élèves doivent recourir pour les résoudre.

1. Les (mêmes) plantes ne se développent pas (ou ne se développent pas à la même vitesse) dans tous les milieux. De quoi les plantes ont-elles besoin pour se développer? Quels sont les facteurs qui influencent la vitesse de développement des plantes? Quels sont les éléments que les plantes puisent dans le milieu pour se développer?...

2. Au printemps, les feuilles apparaissent progressivement sur les arbres. Comment peut-on décrire l'apparition et le développement de celles-ci? D'où viennent les nouvelles feuilles et les nouvelles branches? (p. 22).

Pour résoudre chacun de ces problèmes, les élèves sont appelés à réaliser des tâches de nature différente. Dans le cas du problème de la nutrition végétale, les élèves sont invités à utiliser une démarche expérimentale avec un contrôle de variables afin de :

1. Formuler des hypothèses de travail et les confronter à celles des pairs : les élèves envisagent que certaines variables comme la température, la lumière, l'humidité ou les sels minéraux peuvent avoir une influence sur la nutrition végétale, et à formuler une ou plusieurs hypothèse(s) à vérifier sur la base de ces variables;
2. Proposer un protocole expérimental et le valider : les élèves proposent un protocole expérimental qui vise à vérifier l'effet des variables (considérées dans les hypothèses de départ) sur certains aspects, par exemple les changements morphologiques des plantes observées;
3. Mettre en œuvre le protocole expérimental : pour chacune des variables retenues, les élèves recueillent les données pertinentes lors de la mise en œuvre du protocole et les présentent dans des modes de représentation appropriés (tableau, graphique, etc.);
4. Analyser les données obtenues : les élèves analysent les données obtenues en décrivant les relations entre les variables et les aspects considérés. Par exemple, ils peuvent décrire la relation entre les changements morphologiques des plantes observées (aspect 1) et une variable donnée, comme la variation du taux d'humidité (aspect 2);
5. Interpréter les données au regard des questions et des hypothèses de départ : les élèves interprètent les données recueillies en dégagant et en expliquant l'effet (positif, négatif ou inexistant) de certains facteurs sur le développement des plantes. Ces interprétations permettent de formuler des énoncés scientifiques et d'exprimer les conclusions en les justifiant (la nécessité de certains éléments au développement des plantes et leurs effets sur la vitesse de ce développement);
6. Évaluer leur démarche : les élèves évaluent leur démarche au cours de la mise en œuvre du protocole afin de réajuster le protocole au besoin. Ils peuvent, par exemple, modifier la fréquence ou les procédures de recueil des données. Ils évaluent leur démarche à la fin, par exemple, pour tenter d'expliquer des observations inattendues ou de comprendre pourquoi les résultats de leurs expériences ne concordent pas à ceux des autres élèves de la classe.

Dans le cas du problème de l'origine de l'apparition de feuilles sur les arbres, les élèves sont amenés à utiliser une démarche d'observation afin de :

1. Proposer un plan de recherche approprié à la question retenue : le plan doit conduire les élèves à planifier une procédure d'observation systématique : identifier les objets à observer (par exemple, repérer une branche sur un arbre au début du printemps et identifier des bourgeons à observer), choisir des outils et des modalités d'observation (à l'œil nu, à la loupe, à l'aide des prises avec un appareil photo, etc.) ainsi que leur fréquence (nombre d'observations par semaine, par exemple) et préciser les modalités de présentation des données (schémas; tableaux indiquant la taille moyenne des nouvelles branches, le nombre de feuilles ou de nouveaux bourgeons; montage de photos; etc.);
2. Mettre en œuvre le plan de recherche : les élèves collectent des données au regard de la procédure établie dans le plan de recherche qu'ils ont proposé et les présentent dans des modes de représentation appropriés;
3. Analyser et interpréter les résultats afin de formuler des énoncés scientifiques : suite à la mise en œuvre du plan de recherche, l'analyse et l'interprétation des résultats devraient conduire les élèves à tirer la conclusion suivante : les bourgeons, en se développant, donnent naissance à des feuilles, des tiges et de nouveaux bourgeons et que certains se transforment en fleurs;
4. Évaluer leur démarche : les élèves évaluent leur démarche au cours de la mise en œuvre du protocole afin de réajuster leur protocole au besoin et une fois la démarche terminée.

Ces deux exemples montrent que, malgré la diversité des démarches à caractère scientifique utilisées et des tâches que les élèves doivent réaliser dans les phases de problématisation et de résolution de ces deux problèmes, il y a des moments forts à considérer dans les démarches à caractère scientifique (Hasni et Roy, 2006; Hasni et Samson, 2008*b*) : 1° la formulation d'un problème; 2° la planification et la validation d'un ou de plus d'un recueil de données en fonction de la nature du problème et des questions

retenues; 3° la mise en œuvre de cette planification (investigation structurée); 4° l'analyse et l'interprétation des données ainsi que la confrontation des conclusions obtenues aux savoirs homologués et aux conceptions des élèves, conduisant à la construction du savoir scientifique visé; 5° l'évaluation de la démarche.

1.3.2.3 La construction des savoirs conceptuels s'inscrit dans un processus dynamique entre le monde empirique et le monde théorique. La construction des savoirs conceptuels s'inscrit dans un processus dynamique qui sollicite un travail aller-retour entre le monde empirique et le monde théorique (Martinand, 1994; Walliser, 1977). Lors de la construction des savoirs conceptuels, Walliser (1977) soutient qu'il est important de distinguer le caractère complémentaire de deux points de départ opposés : un champ théorique, d'une part, qui représente le domaine de l'axiomatisation et un champ empirique, d'autre part, qui représente le domaine de l'expérimentation, ces deux champs développant eux-mêmes deux aspects complémentaires du modèle : 1° le modèle théorique (résultant d'une mise en équation d'un système et présentant un caractère hypothétique à confirmer); 2° le modèle empirique (résultant du traitement des données à partir du modèle théorique, ces données conduisant souvent à leur tour à un réajustement du modèle théorique initial trop grossier.

Dans le même sens, Martinand (1994), en référence au processus de modélisation, affirme que toute démarche de modélisation permet la création d'un nouveau registre, celui de "l'élaboration modélisante" distinct de celui du référent empirique. Selon lui, il importe de distinguer entre deux niveaux d'analyse souvent confondus : 1° le niveau phénoménologique, concernant l'étude des objets, des phénomènes et des relations entre eux ("niveau du référent empirique"); 2° le niveau des modèles construits sur ces référents, selon les exigences qui n'ont pas de solution au premier niveau.

1.3.2.4 La construction des savoirs conceptuels s'inscrit dans un processus circulaire. À l'école, la construction des savoirs conceptuels peut être vue comme un processus circulaire (figure 6) (Hasni *et al.*, 2009a). En effet, les élèves sont appelés à s'interroger sur des phénomènes scientifiques ou technologiques qui les entourent et sont amenés à formuler

des problèmes d'ordre scientifique ou technologique sur la base de leurs savoirs conceptuels préalables. Pour trouver des réponses à leurs questions ou des solutions à leurs problèmes, ils planifient et mettent en œuvre des démarches à caractère scientifique appropriées aux questions ou aux problèmes considérés. La formulation des problèmes et la mise en œuvre des démarches à caractère scientifique nécessitent la mobilisation d'habiletés de recherche et d'attitudes. Au terme de ces démarches, les élèves sont conviés à formuler des énoncés scientifiques et à construire de nouveaux savoirs conceptuels (savoirs conceptuels visés) afin de mieux comprendre les phénomènes scientifiques en jeu. Les nouveaux savoirs conceptuels ainsi construits peuvent servir à leur tour à la formulation de nouveaux problèmes d'ordre scientifique ou technologique. Ce processus circulaire de construction des savoirs conceptuels met l'accent sur la relation entre les démarches à caractère scientifique et la conceptualisation.

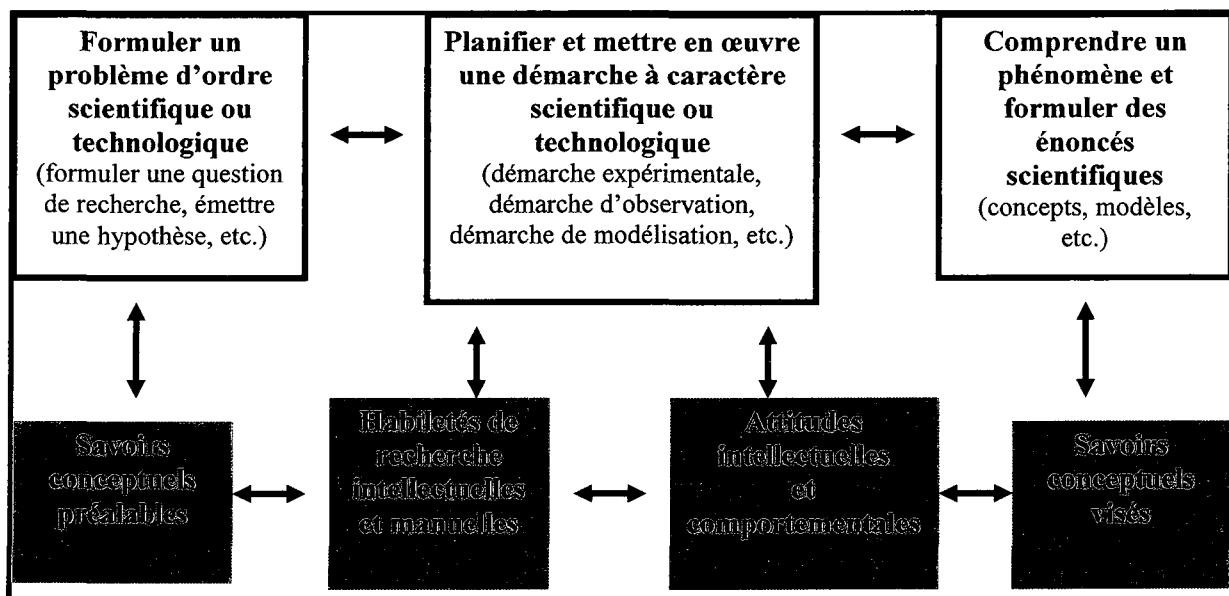


Figure 6 : La construction des savoirs conceptuels à l'école : un processus circulaire (Hasni *et al.*, 2009a)

Revenons brièvement aux deux exemples précédents pour illustrer les relations entre les démarches à caractère scientifique mises en œuvre par les élèves pour résoudre les problèmes retenus et pour construire les savoirs conceptuels en jeu.

Dans le cas du problème de la nutrition végétale, la mise en œuvre de protocoles expérimentaux devrait conduire les élèves à formuler des énoncés scientifiques qui permettent de conclure que les plantes utilisent différentes substances minérales et de l'énergie lumineuse pour se développer. En recourant à une démarche expérimentale, les élèves sont ainsi amenés à construire les concepts de “nutrition végétale” et de “photosynthèse” (Hasni et Samson, 2008b). La démarche n'a pas ici pour fonction de faire valider des savoirs déjà acquis chez les élèves : elle vise plutôt à les faire construire par les élèves. Comme le soutiennent Hasni et Samson (2008b) :

Il est important ici de souligner que l'approche ne consiste pas à partir de l'explication de ce qu'est la photosynthèse (la “théorie”) pour réaliser les expériences permettant de comprendre ce concept. Il s'agit plutôt de s'appuyer sur les résultats des démarches à caractère scientifique pour construire le savoir en question. Le mot “photosynthèse” ne viendrait que donner du sens aux découvertes des élèves, suite à une recherche scientifique encadrée par l'enseignant (p. 25).

Dans le cas du problème de l'origine de l'apparition de feuilles sur les arbres, la mise en œuvre d'une démarche d'observation systématique devrait conduire les élèves à déduire que les feuilles (et les tiges) émergent progressivement d'une structure bien localisée qui se régénère au fur et à mesure : le bourgeon. En recourant à cette démarche, les élèves devraient construire les concepts de “bourgeon” et de “feuille” (*Ibid.*).

Par ailleurs, une fois que les nouveaux concepts de “bourgeon” et de “feuille” ont été construits, ceux-ci peuvent servir à leur tour à la formulation de nouveaux problèmes d'ordre scientifique (*Ibid.*). Par exemple, les élèves pourraient s'interroger sur les facteurs qui influencent la vitesse de croissance des bourgeons d'une plante et recourir à une démarche expérimentale pour y apporter des réponses.

1.3.2.5 Les démarches de modélisation visent à élaborer des savoirs conceptuels. Plusieurs auteurs (Astolfi et Develay, 2002; Astolfi *et al.*, 2001; Clement, 2000; Genzling et Pierrard, 1994; Larcher, 1994; Weil-Barais et Lemeignan, 1994) soulignent la relation féconde entre

la conceptualisation et la modélisation. Astolfi *et al.* (2001) soulignent l'idée de complémentarité entre la modélisation et la conceptualisation en affirmant que les démarches de modélisation ne s'opposent pas aux démarches de conceptualisation, puisque bien souvent, dans les activités scientifiques qui sont réalisées en classe, nous sommes en présence de démarches complémentaires, démarches qui s'appuient l'une sur l'autre pour amener les élèves à construire des concepts. Et de rappeler que pour Genzling et Pierrard (1994), « la conceptualisation ne peut être dissociée de la modélisation [...]. Il apparaît aujourd'hui que toute démarche de modélisation présente des moments de conceptualisation, c'est-à-dire des moments de construction de concepts; bien plus, la modélisation est une aide à la conceptualisation » (p. 48). Larcher (1994) va plus loin en affirmant que « l'enjeu de la démarche de modélisation est, alors, au-delà du modèle lui-même; c'est une élaboration conceptuelle vers laquelle le modèle est une étape » (p. 23).

Les démarches de modélisation, qu'il ne faut pas confondre avec la simple présentation d'un modèle, permettent de développer, dès l'école primaire, la compétence des élèves à faire des liens entre les savoirs et favorisent leurs capacités d'explication et d'anticipation dans les situations complexes (Astolfi et Develay, 2002). Par ailleurs, l'engagement périodique des élèves dans des démarches de modélisation permet d'éviter la dogmatisation du savoir, d'une part, et de le rendre conjectural et calculatoire, d'autre part (*Ibid.*). Ainsi, les démarches de modélisation devraient faire partie des activités scientifiques périodiques de la classe de sciences, car elles constituent des démarches d'enseignement-apprentissage fécondes pour l'appropriation des savoirs conceptuels chez les élèves. Si les démarches de modélisation favorisent la conceptualisation des savoirs conceptuels, il faut savoir qu'il peut y avoir conceptualisation sans modélisation. Le concept empirique de "fruit" peut par exemple être construit par le biais d'une démarche de catégorisation.

2. LES SAVOIRS EN LIEN AVEC LES PROBLÉMATIQUES INDIVIDUELLES OU SOCIALES DE LA VIE HORS DE L'ÉCOLE

Comme nous l'avons souligné dans la problématique, la deuxième composante de l'éducation scientifique et technologique revoie à la question du rapport entre le savoir et les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école et réfère essentiellement à deux orientations (Hasni, 2005a, Hasni *et al.*, 2009a) : 1° la "contextualisation" comme moyen facilitant l'acquisition des savoirs; 2° la "contextualisation" comme lieu de mobilisation des savoirs scientifiques et technologiques par les apprenants (savoirs pour l'action).

Si la première orientation renvoie à l'importance d'ancrer les savoirs disciplinaires dans des contextes réels et accessibles aux élèves, la deuxième orientation vise essentiellement à développer les "compétences de l'utilisateur privé" et les "compétences de l'usager citoyen" chez les élèves (Dentant et Fourez, 1998).

Les compétences de l'utilisateur privé renvoient à la mobilisation des savoirs scientifiques et technologiques dans des situations particulières et permettant d'améliorer directement la qualité de vie de l'individu. Beane (1997), par exemple, insiste sur la nécessité que les élèves puissent mobiliser des savoirs disciplinaires pour chercher des réponses immédiates à des problèmes réels et concrets, et non en vue d'un usage ultérieur. Dans le même sens, Fourez (1995) rappelle l'importance que les élèves puissent être en mesure de juger quand il est nécessaire de consulter un spécialiste et quand il est préférable de chercher à résoudre un problème technique soi-même, c'est-à-dire de « trouver un équilibre entre la dépendance face au savoir de l'expert et l'exercice du sain esprit critique » (p. 32). Dans la vie de tous les jours, les individus ont besoin d'acquérir et de mobiliser des savoirs scientifiques et technologiques afin d'assurer leur autonomie dans un environnement teinté de multiples progrès technoscientifiques. Comment décoder les informations nutritionnelles sur les produits alimentaires? Quels sont les effets des organismes génétiquement modifiés sur la santé humaine? Quels sont les moyens à prendre pour améliorer le rendement énergétique d'une habitation? Comment utiliser correctement

les nouvelles technologies de l'information et de la communication (le téléphone cellulaire, l'ordinateur, le GPS, etc.)? Comment résoudre soi-même un problème technique simple (ex. : réparation du circuit électrique d'une lampe de poche) sans faire appel à un spécialiste? Quels moyens individuels ou collectifs pouvons-nous prendre pour réduire les émissions de gaz à effet de serre? Ce ne sont là que quelques exemples de questions d'ordre scientifique ou technologique auxquelles l'être humain peut être interpellé dans la vie quotidienne.

Les compétences de l'utilisateur citoyen s'inscrivent dans une vision démocratique de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences. Dans cette vision, l'appropriation et la mobilisation des savoirs disciplinaires visent à amener les élèves à comprendre l'influence des sciences et des technologies au cœur des enjeux sociaux, à être en mesure de prendre position et à exprimer leur opinion publiquement relativement à ceux-ci, en participant par exemple à des débats (Hasni, 2009; Layton *et al.*, 1993; Roth et Désautels, 2002). Pour développer la compétence de l'utilisateur citoyen, Roth et Désautels (2002) proposent d'accroître la démocratisation du processus de décision en sciences et technologies en vue d'augmenter la compétence du public à l'égard des technosciences et d'enseigner les sciences dans le but d'engager les élèves dans des actions sociales. Concrètement dans la classe de sciences, il s'agit par exemple d'amener les élèves à :

Dégager les conséquences positives et négatives, d'un point de vue économique, social, environnemental, éthique, etc., d'une technologie ou d'une invention scientifique : le clonage, les OGM, la culture des tissus, les cellules souches embryonnaires, les tests d'ADN, la construction d'un barrage, l'installation d'un réacteur nucléaire, etc. (Hasni, 2009, p. 4).

L'exercice d'une citoyenneté active et éclairée au cœur d'une société démocratique exige le développement de cette compétence chez tous les citoyens et citoyennes (Commission des programmes d'études, 1998) :

Certes, dans une société qui a atteint un degré élevé d'organisation et de complexité, on ne peut nier que le recours à une expertise scientifique et technologique de haut niveau s'impose à diverses étapes du processus d'élaboration et de mise en œuvre des choix sociaux. Par ailleurs, une société qui veut incarner un idéal démocratique doit viser à ce que la plus grande partie des citoyennes et des citoyens qui la composent participent aux choix qui conditionnent le présent et l'avenir de cette société (p. 3).

3. LES SAVOIRS SUR LES SAVOIRS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Plusieurs chercheurs (Aikenhead, 1981, 1984; Fourez *et al.*, 1997; Fourez et Larochelle, 2003; Hodson, 1998, Layton *et al.*, 1993; Mathy, 1997) s'accordent sur le fait que l'acquisition de savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques constitue l'une des principales composantes de l'éducation scientifique. Cette composante renvoie essentiellement à ce que certains d'entre eux (Fourez *et al.*, 1997; Fourez et Larochelle, 2003; Mathy, 1997) nomment des compétences d'ordre épistémologique. Pour aborder de manière opérationnelle le développement de ces compétences dans la classe de sciences, Fourez *et al.* (1997) discutent de certaines questions fondamentales en les situant essentiellement selon deux perspectives nettement opposées l'une à l'autre : la perspective empiriste positiviste et la perspective socioconstructiviste.

La perspective empiriste positiviste s'inscrit d'abord dans une vision empiriste du fait qu'elle met l'accent sur le tâtonnement empirique pour appréhender le réel. Elle refuse de considérer les modèles théoriques mis en œuvre dans toute investigation. Par ailleurs, elle est positiviste du fait qu'elle prétend que l'on peut découvrir les savoirs scientifiques sans prendre en compte les contextes théoriques ou culturels dans lesquels ils ont pris naissance. Autrement dit, les concepts, les modèles, les lois et les théories scientifiques existeraient en eux-mêmes et seraient le reflet exact du monde, indépendamment de l'individu qui les considère (*Ibid.*).

Quant à la perspective socioconstructiviste, elle s'inscrit d'abord dans une perspective constructiviste, c'est-à-dire une approche qui met l'accent sur le fait que chaque individu construit des représentations du monde (Glaserfeld, 1985; Larochelle et Bernaz,

1994), mais qui accorde en même temps une place importante aux interactions sociales dans la construction des savoirs (Larochelle et Désautels, 1992). Par ses deux perspectives présumées de base, le socioconstructivisme considère les sciences comme des constructions humaines et des productions sociales.

S'il existe probablement d'autres manières d'aborder cette composante de l'éducation scientifique, nous nous centrerons ici exclusivement sur les trois principales dimensions que l'on retrouve implicitement dans les écrits de Fourez *et al.* (1997) : le travail des scientifiques, l'accès aux savoirs scientifiques et les liens entre l'activité scientifique et le monde.

3.1 Comment considérer le travail des scientifiques?

Un enseignement scientifique qui repose sur une perspective empiriste positiviste montre une histoire individuelle de brillants savants qui se succèdent (Mathy, 1997). Selon cette perspective, l'enseignement prend une allure apologétique en mettant l'accent sur un discours qui contribue à fabriquer des célébrités scientifiques : on accorde une importance capitale au grand savant, à l'illustre, au génie parce qu'il a fait des études brillantes dans une université réputée ou qu'il a laissé une œuvre magistrale. Ce sont toujours les mêmes noms qui reviennent : Aristote, Darwin, Lamarck, Mendel, etc. Ces scientifiques sont considérés comme des personnes qui ont travaillé de manière isolée et on fournit des informations stéréotypées à leur sujet (domaine d'expertise, nationalité, dates de naissance et de décès, etc.). On présente leurs découvertes sans toutefois référer aux contextes théoriques et sociétaux qui leur donnent sens (*Ibid.*).

Selon la perspective socioconstructiviste, les scientifiques ne sont pas considérés comme des individualistes, mais plutôt comme des acteurs qui œuvrent au cœur des communautés scientifiques. Dans ces communautés, les scientifiques interagissent, collaborent, s'influencent et opposent leurs points de vue. À travers toutes les époques de

l'histoire, les scientifiques ont travaillé au sein de mouvements de recherche formels ou informels solidement ancrés dans des contextes culturels où ils ont pris naissance. Ces contextes culturels ont donné sens aux questions qu'ils ont abordées et aux théories qu'ils ont formulées (*Ibid.*).

3.2 Comment accéder aux savoirs scientifiques?

La manière dont les savoirs scientifiques sont considérés donne une bonne idée de la perspective selon laquelle l'enseignement scientifique s'inscrit. Une perspective empiriste positiviste met l'accent sur les découvertes, les faits, l'observation et les techniques plutôt que sur la construction des savoirs. On y véhicule une conception de l'histoire des sciences basée sur la continuité et l'accumulation des savoirs scientifiques. Les savoirs n'apparaissent pas comme des modèles théoriques qu'une communauté scientifique accepte provisoirement, mais comme des vérités qui seraient là et qu'il suffirait d'observer pour les découvrir. Il s'agit de « l'idéologie de la vérité, reflet du monde réel, tel qu'il est » que soulignent Fourez *et al.* (1997, p. 10) pour caractériser le positivisme empirisme. Ici, il n'est donc pas question de recourir aux modèles pour se représenter le monde. Comme le souligne Mathy (1997), dans une perspective empiriste positiviste :

Le savoir scientifique apparaît bien comme unique et éternel, et de plus en plus complet, puisque toutes les relectures théoriques survenues historiquement sont gommées au profit d'une reconstitution historique où il n'est question que de faits qui s'ajoutent les uns aux autres (p. 126).

En faisant l'impasse sur les incertitudes, les choix théoriques et les décisions que les chercheurs doivent prendre, on accorde un caractère d'absoluité aux savoirs scientifiques et on escamote leur processus d'élaboration.

L'accession aux savoirs scientifiques se fait par une observation neutre. Il s'agit pour le scientifique de découvrir la réalité en s'appuyant sur une observation attentive et

fidèle des faits, des phénomènes, de la nature ou de la réalité quotidienne. Comme le souligne Mathy (1997) :

Les scientifiques décrypteraient bien le réel, sans le moindre présupposé à son égard, sans autre projet avoué que de comprendre, en toute autonomie, les choses "telles qu'elles sont", dans leur complexité. Ils seraient des témoins neutres et désintéressés, mais seuls initiés, semble-t-il, de la marche de l'univers (p. 125).

Nous sommes dans une « idéologie de l'immédiateté » comme le qualifient Fourez *et al.* (1997, p. 10) pour caractériser le positivisme empirisme, là où il est possible d'être en contact direct avec le réel sans qu'aucune interprétation de soit faite. L'immédiateté de la perception sensorielle serait la base légitime de toutes constructions théoriques.

Selon cette perspective, les scientifiques seraient les seules personnes qui connaissent le monde, et qui sachent vraiment de quoi ils parlent. Les découvertes scientifiques tomberaient du ciel et il suffirait d'être un génie pour pouvoir les trouver. Si c'est cette perspective qui est mise de l'avant en classe, il s'agit de placer les élèves devant des observations révélatrices et de leur demander de les observer en profondeur, attentivement, fidèlement, voir objectivement afin qu'ils puissent être en mesure de les décrire. On soulève ainsi « l'idéologie de l'universalité neutre » que soulignent Fourez *et al.* (1997, p. 10). Cette idéologie est fondée sur la croyance que la science est objective et neutre, et quand elle est bien pratiquée, elle serait universelle et indépendante de tout point de vue particulier. L'observation neutre fait abstraction de cadres théoriques ou de critères d'observation qui donnent sens à l'observation. L'objectivité et la rigueur seraient les principales qualités pour appréhender la réalité telle qu'elle est. Un tel enseignement risque d'amener les élèves à se représenter la recherche scientifique comme une succession de trouvailles où le hasard joue un rôle essentiel.

La perspective socioconstructiviste ne se centre pas sur l'objet de connaissance comme s'il était un donné, mais sur la manière dont les scientifiques se livrent à la construction des savoirs scientifiques avec des projets en tête (Mathy, 1997). Il s'agit ici de

voir les sciences comme une œuvre collective : celle de la construction des savoirs (c'est-à-dire des modèles qui représentent notre monde). Comme le rappellent Fourez *et al.* (1997) : « Il s'agit donc bien des connaissances construites par les humains et pour les humains et non d'un travail individuel où chacun se construirait pour lui seul des représentations du monde » (p. 17). Cette idée est aussi fortement reconnue et soutenue par Astolfi et Develay (2002) : « Le savoir scientifique ne révèle pas du dogme, ni de l'activité définitoire, mais il est une œuvre humaine et culturelle, le fruit d'une production sociale par la recherche » (p. 109). En d'autres mots, il s'agit de mettre l'accent sur les processus de modélisation auxquels les scientifiques se livrent pour construire les savoirs scientifiques. À travers toutes les époques :

Les scientifiques inventent des théories, dont ils testent la fécondité, afin de donner du sens et de maîtriser le monde qui nous entoure. Divers présupposés – ce que l'on appelle des paradigmes – sont à la base de l'invention des théories. Au fil du temps, les scientifiques sont amenés à relire le monde au travers de nouvelles théories, à mesure qu'évoluent ces paradigmes (Mathy, 1997, p. 110).

Ce type de relecture restitue les pratiques scientifiques dans leur contexte. Dans ce type d'enseignement, l'origine et la manière dont les savoirs scientifiques se sont construits sont mises en valeur. Les découvertes scientifiques ne se font pas de manière neutre, mais plutôt à partir de schémas théoriques : « Le concept de découverte prend en effet du sens qu'à partir du moment où l'on explicite les cadres théoriques dans lesquels les scientifiques décident d'interroger le matériel sur lequel ils travaillent » (*Ibid.*, p. 113). Par ailleurs, les scientifiques sont perçus comme des personnes qui font des choix, prennent des décisions théoriques et les soutiennent par des argumentations. Selon ce regard, des facteurs culturels conditionnent les démarches et les résultats des scientifiques.

3.3 Comment considérer les liens entre l'activité scientifique et le monde?

Selon la perspective empiriste positiviste, l'enseignement scientifique repose sur la présentation d'une histoire des sciences de type "internaliste" (Mathy, 1997). Ici, les

scientifiques, leurs pratiques et leurs modèles sont considérés de manière interne. Ce type d'enseignement se préoccupe avant tout de l'invention conceptuelle ou de la découverte des faits scientifiques et décrit l'activité scientifique comme si elle était indépendante du reste du monde : les scientifiques sont présentés comme des personnes qui parlent d'eux-mêmes comme si ce qu'ils sont et font sont à l'extérieur du monde et du temps. Ici, il n'est pas nécessaire de mentionner qu'à l'intérieur d'une communauté scientifique, des présupposés ou des demandes d'époque orientent et conditionnent les recherches, que des conflits de points de vue ou des projets divers émergent de l'histoire des sciences. On présente les scientifiques comme des personnes qui n'ont rien à décider, qui n'ont pas à se battre pour imposer leurs modèles et qui restent passifs par rapport aux modèles que les autres scientifiques proposent.

À l'inverse, un enseignement scientifique de type "externaliste" aide à percevoir « que les recherches et les pratiques scientifiques sont conditionnées par des facteurs sociaux, économiques, culturels, politiques ou institutionnels » (*Ibid.*, p. 123). Dans cet enseignement, on perçoit les rapports d'alliance ou de conflit des communautés scientifiques avec d'autres instances sociales (industrie, groupes financiers, armée, pouvoirs publics, etc.). L'activité scientifique s'inscrit dans des contextes globaux. On évoque les facteurs qui orientent les recherches et les changements de paradigmes. On montre l'utilité des modèles dans différents contextes culturels. L'enseignement de type "externaliste" permet de rendre compte de la dynamique intellectuelle dans l'histoire des sciences. Elle consiste à recentrer le débat sur les processus d'inventions théoriques et sur le projet et les demandes qui les traversent. Dans cette optique, il nous appartient de comprendre les particularités des projets et des demandes sociales qui sont à la base des théories actuelles, et de tenter de comprendre pourquoi les scientifiques du passé avaient des idées différentes des nôtres.

Selon Mathy (1997), les manuels scolaires et les enseignants devraient aider les élèves à percevoir que les scientifiques forment une communauté sociale particulière et les informer sur l'évolution historique et les caractéristiques d'une communauté scientifique.

Quand s'est-elle formée? Comment a-t-elle évolué sur les plans numérique et institutionnel? Quelles sont les sources de financement des recherches? Quelles relations existent-ils entre les savoirs scientifiques et les décisions politiques? Etc.

La section 3 du cadre conceptuel se terminant ici, nous présenterons dans la section 4 les objectifs spécifiques de notre étude.

4. LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Lorsqu'on s'intéresse aux études qui portent sur les manuels scolaires du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies, un certain nombre de questions s'imposent : Parmi les dimensions et les composantes de l'éducation scientifique et technologique présentées dans le cadre de référence, lesquelles ont été considérées dans ces études? Pourquoi? Sous quels angles? Les chercheurs s'intéressent-ils à la nature des contenus proposés dans les manuels scolaires ou plutôt à ce qui se passe réellement dans la classe de sciences en considérant par exemple l'utilisation que font les enseignants et les élèves des manuels scolaires pour l'enseignement et l'apprentissage des savoirs disciplinaires? L'analyse des objectifs poursuivis par les auteurs de ces études pour analyser les manuels scolaires de sciences et technologies permettra de dégager les dimensions et les composantes qui ont été prises en considération.

Si l'analyse des objectifs des études nous donne une bonne idée des principales dimensions et composantes prises en considération par les auteurs de ces études, elle ne nous permet pas de comprendre le rationnel sur lequel ils se sont appuyés pour retenir telle ou telle composante des savoirs disciplinaires. Sur quels types de cadre de référence les auteurs de ces études s'appuient-ils pour orienter leurs études? Pour analyser les manuels scolaires ou leur utilisation par les enseignants et les élèves du point des savoirs disciplinaires en sciences et technologies, les chercheurs s'appuient-ils sur des cadres de référence basés sur des savoirs disciplinaires, sur des approches pédagogiques générales et non spécifiques à l'enseignement des sciences ou plutôt sur des théories en éducation?

Quels sont les principaux concepts retenus par ces auteurs dans leurs cadres de référence? C'est à ce titre que nous servira l'analyse des cadres de référence sur lesquels les auteurs se sont appuyés pour orienter leurs études.

Pour bien comprendre et avoir un regard critique sur les résultats qui se dégagent des études analysées, il s'avère important de les mettre en perspective avec les méthodologies qui ont été utilisées par les chercheurs pour analyser les manuels scolaires. Quelles sont les modes d'échantillonnage, les procédures de recueil et d'analyse des données auxquels les auteurs de ces études recourent pour analyser les manuels scolaires de sciences et technologies lorsque ceux-ci sont considérés comme objet d'étude ou encore du point de vue de leur utilisation par les enseignants et les élèves? C'est à ce titre que nous servira l'analyse des méthodologies qui ont été utilisées pour analyser les manuels scolaires de sciences et technologies.

Enfin, il s'agit de dégager par la suite les principaux résultats des études analysées sur la base des objectifs énoncés explicitement par les auteurs de ces études. De ce qui suit découlent les quatre objectifs spécifiques de notre recherche.

Considérant les études empiriques qui se sont intéressées aux manuels scolaires et à leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies, décrire :

- 1° les objectifs poursuivis par les auteurs pour analyser les manuels scolaires de sciences et technologies;
- 2° les cadres de référence sur lesquels ces auteurs se sont appuyés pour orienter leurs études;
- 3° les méthodologies (modes d'échantillonnage, procédures de recueil et d'analyse des données) qu'ils ont utilisées pour analyser les manuels scolaires de sciences et technologies;
- 4° les principaux résultats qui se dégagent de ces études.

TROISIÈME CHAPITRE : LA MÉTHODOLOGIE

Dans cette section, nous présenterons, dans un premier temps, les balises qui ont permis de délimiter notre objet d'étude. Dans un deuxième temps, nous décrirons les modalités de construction de l'échantillon. Enfin, dans un troisième temps, nous expliquerons les procédures de recueil, d'analyse et de validation des données auxquelles nous avons recourues pour répondre aux quatre objectifs spécifiques de notre recherche.

1. LA DÉLIMITATION DE L'OBJET D'ÉTUDE

Notre recherche consiste en une analyse de la documentation scientifique qui s'est intéressée aux manuels scolaires du point de vue des savoirs disciplinaires de sciences et technologies. De manière spécifique, elle porte un regard sur les articles scientifiques qui font état d'une étude empirique sur les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire, et ce, en les considérant selon deux perspectives (Hasni *et al.*, 2009b; Luke *et al.*, 1989) : 1° les manuels comme objet d'étude, qui véhiculent « une conception du savoir, une manière de considérer l'enseignement et l'apprentissage, une vision du monde, etc. » (Hasni *et al.*, 2009b, p. 86); 2° les manuels comme outil, dans le contexte de leur usage par les élèves et les enseignants. Afin de mieux délimiter notre objet d'étude, nous préciserons brièvement la signification de chacune des expressions utilisées.

L'expression "article scientifique" signifie un article qui provient d'une revue qui recourt à une évaluation par un comité de pairs et qui renseignent les pairs et les lecteurs sur le processus de production des connaissances afin de juger de sa qualité et pour être en mesure de le reproduire. On pourrait s'attendre à ce qu'un article scientifique comporte une problématique, un cadre de référence, des objectifs de recherche, une méthodologie (un mode d'échantillonnage, des procédures de recueil et d'analyse des données), des résultats et une conclusion.

L'expression "étude empirique" signifie une étude dans laquelle des chercheurs recourent à un mode d'investigation pour recueillir et analyser des données dans un échantillon afin d'apporter des réponses à des objectifs ou des questions de recherche. Ce type d'étude est à distinguer d'une étude dont les résultats sont issus, par exemple, d'une réflexion théorique, d'une conceptualisation, d'une proposition de pistes pour l'élaboration de manuels scolaires, etc.

L'expression "manuel scolaire" signifie ici autant le manuel qui est utilisé par l'élève que les composantes qui peuvent être associées à celui-ci, par exemple, le guide d'enseignement ou le manuel de l'enseignant qui accompagne le manuel de l'élève. Les composantes associées au manuel de l'élève sont généralement considérées par les chercheurs qui s'intéressent au manuel scolaire. Il est aussi important de noter que la composition des manuels scolaires, de même que les modalités de production et de sélection des manuels scolaires sont variables d'un pays à l'autre. À titre d'exemple, les manuels scolaires du Québec sont développés par des entreprises privées et leur utilisation est prescrite dans la plupart des disciplines d'enseignement au primaire et au secondaire. Cependant, les enseignants peuvent choisir le manuel qui leur convient parmi ceux qui sont approuvés par les MELS. En Grèce, les manuels scolaires sont développés par des fonctionnaires de l'État et les enseignants n'ont pas le choix d'utiliser le manuel unique qui est proposé par le ministère de l'Éducation (Dimopoulos *et al.*, 2005).

2. LA CONSTRUCTION DE L'ÉCHANTILLON

Pour la recherche des articles scientifiques, nous avons interrogé les bases de données *ERIC* et *FRANCIS*¹⁴ accessibles par le biais du site Internet de la bibliothèque de l'Université de Sherbrooke. La sélection des articles dans les bases de données s'est réalisée en deux temps.

14 Notre choix s'est arrêté sur la base de données états-unienne ERIC (Educational Resource Information Center) et la base de données française FRANCIS de l'Institut de l'Information scientifique et technique du Centre national de la recherche scientifique, car elles contiennent les principales revues scientifiques de sciences humaines et sociales publiées dans le monde.

Dans un premier temps, nous avons repéré tous les articles publiés dans les revues spécialisées en éducation scientifique dont le titre de la revue contient le mot clé “science” et dont le titre ou le résumé de l’article contient le mot clé “manuel” (ou “*textbook*”, en anglais) ou son équivalent. Si nous n’avons retenu que les revues scientifiques dont le titre contient le mot clé “science” de manière à obtenir un échantillon de taille convenable, la recension des articles nous a permis néanmoins d’accéder à plus d’une vingtaine de revues spécialisées en éducation scientifique à travers le monde. Toutes ces revues, présentées à l’annexe 3 ont recouru à un comité d’évaluation par les pairs. Une liste des mots clés utilisés pour la recherche est présentée à l’annexe 4. Il est important de préciser, qu’à cette étape, nous n’avons pas utilisé de mots clés qui réfèrent particulièrement aux savoirs disciplinaires, par exemple les mots clés “concept”, “modèle” ou “démarche scientifique”, et ce, afin de ne pas perdre des articles pertinents qui traitent de savoirs disciplinaires particuliers. Le recours unique à cet type de mot clé pour la recherche d’articles pourrait faire en sorte d’écarter, par exemple, un article qui traiterait de la manière dont un manuel scolaire de sciences aborde la photosynthèse sans pourtant y mentionner le mot clé général “concept” dans le titre ou dans son résumé.

Dans un deuxième temps, le titre et le résumé de chacun des articles ont été lus de manière à ne retenir que ceux qui correspondent à l’objet d’étude tel que décrit précédemment. Autrement dit, nous n’avons retenu que les articles scientifiques qui font état d’une étude empirique sur les manuels scolaires ou leur utilisation par les élèves ou les enseignants du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies. À cette étape, nous avons écarté plusieurs articles dont : a) la discipline d’enseignement considérée ne renvoie pas aux sciences et aux technologies; b) le manuel scolaire est considéré comme un contexte par exemple, une étude qui vise à décrire les représentations que les élèves ont de concepts scientifiques particuliers que l’on retrouve généralement dans les manuels scolaires d’un niveau donné; c) l’objet d’étude ne renvoie pas aux savoirs disciplinaires en sciences et technologies (par exemple, une étude qui s’intéresse à l’utilisation des stratégies de lecture dans les manuels scolaires de sciences et technologies); d) les résultats ne sont pas issus d’une recherche empirique (par exemple, une étude dont les résultats sont issus

d'une réflexion théorique ou d'une conceptualisation); e) le niveau scolaire cible un ordre d'enseignement différent de celui du primaire ou du secondaire (selon la référence québécoise), etc. Si dans certains cas, ni la lecture du titre ni la lecture du résumé de l'article ne nous permettait de valider son appartenance à l'objet d'étude, nous avons procédé à la lecture complète de celui-ci afin de voir s'il devait être retenu dans l'échantillon. En appliquant cette procédure, pour la période allant de janvier 2000 à décembre 2008, 33 articles ont été sélectionnés pour des fins d'analyse. Les limites de la période retenue pour notre recherche de nature exploratoire ont été fixées de manière à obtenir un échantillon d'écrits récents suffisant pour voir ce qui se dit sur les manuels scolaires ou leur utilisation par les enseignants et les élèves dans le cadre des récentes réformes qui ont été amorcés récemment dans les ministères de l'Éducation à travers le monde.

3. LES PROCÉDURES DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES

Le recueil des données a été effectué en appliquant une grille sur les articles retenus dans notre échantillon. Cette grille, présentée à l'annexe 2, constitue une version adaptée de la *grille d'analyse de la documentation scientifique portant sur la conceptualisation et la modélisation en enseignement des sciences* de Hasni (2005b). Elle a été validée en l'appliquant à une dizaine d'articles. La validation nous a permis de stabiliser ses éléments en fonction des dimensions retenues dans le cadre conceptuel. Elle comprend six sections dont la première (section A) renvoie aux caractéristiques générales de l'étude et la dernière (section F) renvoie à son résumé. Entre ces deux sections, on retrouve les principales sections, soient celles qui permettent de recueillir des données au regard des quatre objectifs spécifiques de notre recherche : la section B qui renvoie aux informations relatives aux objectifs de l'étude; la section C qui renvoie aux informations relatives au cadre de référence de l'étude; la section D qui renvoie aux informations relatives aux aspects méthodologiques de l'étude; la section E qui renvoie aux informations relatives aux résultats de l'étude.

Le recueil des données consistait à lire chacun des articles et à compléter la grille, soit en cochant les cases correspondantes ou, dans la plupart des cas, en inscrivant les extraits pertinents dans l'espace correspondant. Ainsi, le corpus d'analyse est composé, pour chacun des éléments de la grille, essentiellement des extraits de texte ainsi recueillis.

Le corpus a ensuite été analysé en recourant à une analyse de contenu par catégorisation des unités de sens qui le composent (Bardin, 2001; Landry, 1993). Bien que les unités de sens puissent être un mot, une phrase, un thème, elles doivent être suffisamment grandes afin de pouvoir relever le sens d'un message (Landry, 1993). L'unité de sens qui a été considérée ici est la plus petite portion du texte (généralement une ou plusieurs phrases) qui a du sens par rapport à la catégorie considérée.

De manière générale, pour chacun des objectifs spécifiques de notre recherche, nous avons procédé à une catégorisation des unités de sens recueillies dans notre grille d'analyse. Dans tous les cas, nous avons retenu la catégorisation mixte pour catégoriser les données de notre corpus. Ainsi, les catégories qui ont émergé du travail d'analyse reflètent également les dimensions traitées dans notre cadre conceptuel. Dans la plupart des cas, les catégories formulées préalablement dans la grille d'analyse ont servi de point de départ aux travaux d'analyse. Elles ont ensuite été raffinées et découpées en sous-catégories. Dans les paragraphes qui suivent, nous précisons les modalités d'analyse pour chacun des objectifs spécifiques de notre recherche.

Pour catégoriser les objectifs des études, nous nous sommes appuyés sur Hasni *et al.* (2009b) et Luke *et al.* (1989) qui considèrent l'étude des manuels scolaires principalement sous deux angles: 1° les manuels comme objet d'étude, qui véhiculent « une conception du savoir, une manière de considérer l'enseignement et l'apprentissage, une vision du monde, etc. » (Hasni *et al.*, 2009b, p. 86); 2° les manuels comme outil, dans le contexte de leur usage par les enseignants et les élèves. C'est sur cette base que nous avons effectué un premier niveau d'analyse des objectifs des études. Autrement dit, tous les objectifs des études ont été attribués dans un premier temps à l'une ou l'autre des catégories suivantes :

1. Catégorie 1 : objectifs en lien avec la représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies (manuel comme objet d'étude);
2. Catégorie 2 : objectifs en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants (manuel comme outil);
3. Catégorie 3 : objectifs en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves (manuel comme outil).

À un deuxième niveau d'analyse, nous avons raffiné notre grain d'analyse en découpant les catégories en sous-catégories, et ce, de manière à préciser la nature des objectifs des études. À titre d'exemple, pour tous les objectifs qui ont été attribués à la catégorie 1, ceux-ci ont été attribués à l'une ou l'autre des trois sous-catégories qui renvoient aux principales dimensions des savoirs disciplinaires qui structurent notre cadre conceptuel :

1. Sous-catégorie 1.1 : représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire;
2. Sous-catégorie 1.2 : représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école;
3. Sous-catégorie 1.3 : représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques.

L'annexe 5 présente la définition de chacune des catégories et sous-catégories d'objectifs des études avec des exemples d'extraits permettant de les illustrer.

Une première lecture des cadres de référence nous a permis de constater que les principaux concepts abordés par les auteurs des études analysées s'inscrivaient essentiellement dans quatre catégories :

1. Catégorie 1 : cadre de référence basé sur des savoirs disciplinaires;
2. Catégorie 2 : cadre de référence basé sur des approches pédagogiques générales pour favoriser les apprentissages disciplinaires;
3. Catégorie 3 : cadre de référence basé sur des concepts ou des théories en éducation;
4. Catégorie 4 : aucun cadre de référence.

C'est ainsi que notre premier niveau d'analyse nous a amené à catégoriser les cadres de références selon ces quatre principales catégories. À un deuxième niveau d'analyse (effectué seulement pour les catégories 1 et 3), nous avons raffiné notre grain d'analyse en découpant les catégories en sous-catégories, et ce, de manière à préciser la nature des cadres de référence des études. À titre d'exemple, tous les cadres de référence qui ont été attribués à la catégorie 1 ont été attribués à l'une ou l'autre des trois sous-catégories qui renvoient aux principales dimensions des savoirs disciplinaires qui structurent notre cadre conceptuel :

1. Sous-catégorie 1.1 : cadre de référence basé sur des savoirs disciplinaires;
2. Sous-catégorie 1.2 : cadre de référence basé sur des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école;
3. Sous-catégorie 1.3 : cadre de référence basé sur des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques.

L'annexe 6 présente la définition de chacune des catégories et sous-catégories des cadres de référence des études avec des exemples d'extraits permettant de les illustrer.

La section D renvoie aux informations relatives aux aspects méthodologiques de l'étude. Il s'agit de voir quelle méthodologie a été utilisée par les chercheurs pour analyser

les manuels scolaires ou leur utilisation du point de vue des savoirs disciplinaires. Ici, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux trois aspects suivants : 1° les modes d'échantillonnage des études que nous avons catégorisés sur la base des catégories proposées par Fortin (1996) : échantillonnage de convenance, échantillonnage accidentel, échantillonnage par choix raisonné, aucun mode d'échantillonnage, mode d'échantillonnage non spécifié; 2° les procédures de recueil des données des études que nous avons catégorisées sur la base des catégories proposées par Hasni (2005*b*) : enregistrement audio, enregistrement vidéo, entrevue, grille d'analyse, observation directe en classe, questionnaire, recueil d'artefacts, non spécifiée; 3° les procédures d'analyse des données des études que nous avons catégorisées sur la base des catégories proposées par Miles et Huberman (2003) : analyse qualitative, analyse quantitative, analyse mixte. Les annexes 7, 8 et 9 présentent respectivement la définition de chacune des catégories relatives aux modes d'échantillonnage et aux procédures de recueil et d'analyse des données des études avec des exemples d'extraits permettant de les illustrer.

La section E renvoie aux informations relatives aux résultats de l'étude. Il s'agit de voir quels sont les principaux résultats qui se dégagent de l'étude en lien avec les objectifs énoncés explicitement par les auteurs. Ainsi, les trois principales catégories retenues sont directement liées aux trois principales catégories d'objectifs des études :

1. Catégorie 1 : résultats en lien avec la représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies;
2. Catégorie 2 : résultats en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants;
3. Catégorie 3 : résultats en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves.

L'annexe 10 présente la définition de chacune des catégories et sous-catégories des résultats des études avec des exemples d'extraits permettant de les illustrer.

Une fois les unités de sens placées dans leurs catégories respectives, nous avons recouru à la quantification des catégories à l'aide d'un traitement statistique simple. Il s'agissait de déterminer la fréquence relative des études qui comportent des unités de sens pour chacune des catégories et sous-catégories. Des exemples d'extraits ou des résumés d'extraits du corpus ont ensuite été sélectionnés pour illustrer les catégories et les sous-catégories dans la section des résultats.

Le logiciel NVivo a été d'une aide précieuse pour analyser les données de notre corpus. Celui-ci nous a permis, d'une part, d'effectuer la sélection et le codage des unités de sens dans les textes, et de quantifier les catégories, d'autre part.

Quatre critères ont guidé l'élaboration des catégories relatives aux objectifs et aux résultats des études : la pertinence, l'exhaustivité, l'exclusivité et l'objectivité. Ces critères renvoient à certaines exigences fondamentales rapportées dans les travaux de Bardin (1993), de Fressinet-Dominjon (1997), de Jones (2000), de Landry (1993) et de Robert et Bouillaguet (1997).

Pour nous assurer de la pertinence des catégories retenues, celles-ci ont été construites de manière à tenir un équilibre entre le sens des unités de sens recueillies et les dimensions retenues dans notre cadre conceptuel. Bien que nous ayons des catégories prédéterminées dans la grille d'analyse, celles-ci étaient suffisamment larges pour laisser place au raffinement des catégories en sous-catégories.

Pour nous assurer de l'exhaustivité des catégories retenues, celles-ci ont été construites de manière à prendre en compte l'ensemble des unités de sens recueillies dans la grille.

Pour nous assurer de l'exclusivité des catégories retenues, celles-ci ont été construites de manière à ce que les unités de sens ne puissent être associées à plusieurs catégories. En d'autres termes, toutes les unités de sens ont été classées dans des catégories

mutuellement exclusives. Tout au cours du processus de catégorisation, nous avons pris soin de bien définir les catégories sur la base de leurs caractéristiques et d'exemples d'extraits qui répondent à ces caractéristiques.

Pour nous assurer de l'objectivité de notre catégorisation, nous avons procédé à un test de fiabilité une fois que tout le matériel a été analysé. Comme le souligne (Landry, 1993), le test de fiabilité permet de s'assurer « que les mêmes règles de codification engendrent les mêmes données à partir des mêmes textes » (p. 353). Pour le test de fiabilité, nous avons effectué un test de stabilité des résultats. Pour ce test, il s'agit de s'assurer que la même personne, codant à deux moments différents, obtienne les mêmes résultats, et ce, de manière à éliminer le plus possible les incohérences dites d'"intracodeurs" (Landry, 1993). Le codeur principal, l'auteur du mémoire, s'est assuré de la stabilité des résultats un mois après que les analyses aient été effectuées. Il s'agissait d'abord, d'imprimer tous les extraits qui ont été retenus pour exemplifier les catégories dans la section des résultats (relatifs aux objectifs, cadres de référence, méthodologies et résultats des études), de les mêler, puis de les associer ensuite à leurs catégories et sous-catégories respectives. Les résultats du test de stabilité ont démontré que 95 % des extraits ont été affectés dans les mêmes catégories.

QUATRIÈME CHAPITRE : LES RÉSULTATS

La présente section expose les résultats de notre recherche. Ceux-ci seront présentés en fonction de chacun des objectifs spécifiques. Ainsi, cette section est divisée en quatre parties : 1° les objectifs retenus par les auteurs dans les études analysées; 2° les cadres de référence retenus par les auteurs dans les études analysées; 3° les méthodologies retenues par les auteurs dans les études analysées; 4 les principaux résultats qui se dégagent des études analysées. Avant d'amorcer la présentation des résultats, nous donnons un bref aperçu de notre échantillon.

La majorité des 33 articles retenus font état d'études qui ont été menées sur le continent américain. En effet, 17 études ont été menées en Amérique (États-Unis d'Amérique, Canada, Brésil), 12 en Europe (Angleterre, Grèce, Espagne, Finlande, France, Norvège, Pays-Bas, Portugal), 3 en Asie (Corée, Chine, Singapour) et 1 en Océanie (Australie). Aucune recherche de notre échantillon n'a été menée sur le continent africain. Sur le plan des ordres d'enseignement, 20 études ont été réalisées exclusivement à l'ordre secondaire, 11 ont été réalisées exclusivement à l'ordre primaire et 2 ont été réalisées aux deux ordres d'enseignement. Sur le plan des disciplines scientifiques considérées, les études ont été réalisées principalement dans le domaine de la biologie (14 études parmi les 33), de la chimie (10 études parmi les 33) et de la physique (10 études parmi les 33)¹⁵. Seulement deux études ont été réalisées dans le domaine des sciences de la Terre (géosciences) et deux études ont été réalisées dans le domaine des technologies. Dans deux études, aucune discipline scientifique particulière n'est spécifiée.

1. LES OBJECTIFS RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES

Le tableau 1 montre que la majorité des études analysées (22 études parmi les 33) s'intéresse à la représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de

¹⁵ Certaines études ont été réalisées dans plus d'un domaine.

sciences et technologies. Une faible proportion des études analysées s'intéresse à l'usage des manuels scolaires par les enseignants (5 études parmi les 33) ou par les élèves (6 études parmi les 33).

Tableau 1 : Fréquence des études (N) selon les catégories et les sous-catégories d'objectifs des études

Catégories et sous-catégories des objectifs des études	N	Numéros des études
Catégorie 1. Représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies	22*	
Représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire	19	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 28, 32, 33
Représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école	5	5, 7, 13, 18, 20
Représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques	9	1, 7, 12, 14, 15, 16, 17, 25, 26
Catégorie 2. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants	5	
Modalités d'utilisation des manuels scolaires	5	9, 10, 11, 12, 33
Usage des manuels scolaires et construction de l'identité professionnelle	1	11
Catégorie 3. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves	6*	
Usage des manuels scolaires et apprentissage chez les élèves	6	21, 24, 27, 29, 30, 31
Usage des manuels scolaires et attitudes comportementales des élèves	2	21, 30
Nombre total d'études	33	

*Certaines études présentent des objectifs dans plusieurs catégories. C'est pour cette raison que le nombre d'objectifs dans une catégorie ne correspond pas à la somme des objectifs des sous-catégories correspondantes.

1.1 Description des objectifs de la catégorie 1 : représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies

Parmi les 22 études qui présentent des objectifs qui s'inscrivent dans cette catégorie, la plupart d'entre elles (19 études parmi les 22) s'intéressent à la question de la représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire. Seulement quatre études s'intéressent à la représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école et neuf études s'intéressent à la représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques.

En ce qui concerne les objectifs liés à la représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire, les chercheurs analysent : les aspects conceptuels qui ont été retenus pour aborder des savoirs conceptuels particuliers, les liens entre les savoirs conceptuels, le niveau de complexité des savoirs conceptuels, la validité scientifique des savoirs conceptuels, l'explicitation des savoirs conceptuels, la place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique ou technologique et les liens entre les activités d'apprentissage (ou les démarches) et l'appropriation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires.

Afin de voir si les manuels scolaires recourent aux concepts clés ou aux attributs essentiels pour aborder des savoirs conceptuels particuliers, certaines études (n^{os} 3, 4, 18, 26, 28, 32) réalisées au primaire et au secondaire dans les domaines de la biologie ou de la physique ont dégagé les aspects conceptuels retenus par les auteurs de manuels scolaires pour conceptualiser des savoirs. Comme l'illustrent les citations de l'encadré n^o 1, les objectifs de ces études visent à dégager les concepts ou les idées scientifiques retenus par les auteurs de manuels scolaires pour aborder des concepts, des principes, des modèles ou des théories scientifiques.

Encadré n° 1 : Extraits illustrant les objectifs relatifs aux aspects conceptuels abordés dans les manuels scolaires

- « *The purpose of this study was to determine which magnet concepts are found in various elementary science methods textbooks.* » (Barrow, 2000, p. 201)
- « *This article reports on how well ideas concerning matter cycling and energy flow in ecosystems are treated in the textbook series examined.* » (Stern et Roseman, 2004, p. 540)
- « *Questions driving this study included: to what extent do the photographs in these texts portray urban environments? What aspects of urban ecology are portrayed in the photographs? With what frequency is each aspect shown? And are photographs of urban areas used to illustrate general ecological principles, or do they primarily address issues that are unique to the built environment?* » (Sullivan, 2008, p. 1004)
- « *We analyze the influence of Mach's ideas in the teaching of classical mechanics considering five representative textbooks.* » (Assis et Zylbersztajn, 2001 p. 137)

Les liens entre les savoirs conceptuels dans les manuels scolaires ont été davantage explorés au niveau secondaire. En effet, parmi les six études (n°s 1, 6, 13, 20, 22, 26) qui se sont intéressées aux liens entre les savoirs conceptuels dans les manuels scolaires de sciences et technologies, cinq d'entre elles (quatre en biologie et une en chimie) ont été réalisées au secondaire. Comme l'illustrent les citations de l'encadré n° 2, les objectifs de ces études visent à décrire la présence ou l'absence de liens entre des concepts, des principes ou des modèles scientifiques dans une même discipline scientifique, soit la biologie.

Encadré n° 2 : Extraits illustrant les objectifs relatifs aux liens entre les savoirs conceptuels dans les manuels scolaires

- « *In the present study we examined primary school textbooks of the twentieth century in search of the origins of the three didactic obstacles: [...] the absence of permeability of the intestinal wall as represented; and the absence of blood and of the circulatory system in the images presenting the digestion and the digestive tract.* » (Carvalho et al., 2007, p. 175)
- « *A checklist with 19 items was used to analyze how genetic engineering is presented in biology textbooks commonly used in Spanish high schools, including the content, its relationship with fundamental genetic principles* » (Martinez-Gracia et al., 2003 p. 1147)
- « *Specifically, this study explores the conceptual connections between biological and non-biological (e.g., chemical and technological) concepts (Table 1): 1) use of "sex hormones" as a scientific term; 2) the sex-restricted presence of testosterone and estrogen; and 3) the sex-restricted physiological roles of testosterone and estrogen.* » (Nehm et Young, 2008, p. 1178)

Le niveau de complexité des savoirs conceptuels n'a été considéré que dans trois études (n^{os} 8, 20, 26). Dans ces études, il s'agissait de voir si le niveau de complexité des savoirs conceptuels considérés était approprié au niveau scolaire des élèves. À titre d'exemple, l'étude n^o 8 dont les objectifs figurent dans l'encadré n^o 3 consiste à analyser l'adéquation du niveau de complexité des contenus et du langage scientifique entre les ordres primaire et secondaire dans trois domaines (biologie, chimie, physique). Dans les deux autres études (n^{os} 20, 26) réalisées au secondaire, c'est le niveau de complexité des modèles scientifiques pour représenter des phénomènes en biologie ou en chimie qui a été étudié.

Encadré n^o 3 : Extraits illustrant les objectifs relatifs au niveau de complexité des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires

- « *In parallel in the empirical part of our study, the main guiding questions are: 1. To what extent do the school science textbooks allow students to have access to: a) the specialised scientific content and the corresponding scientific codes as well as to negotiate the rules organising science learning as a social process? 2. In what ways is this access differentiated during the transition from primary to lower secondary school and across different science subject areas as well as according to the types of texts (genres) met in the corresponding textbooks?* » (Dimopoulos et al., 2005, p 173)

Dans cinq études (n^{os} 2, 4, 6, 14, 22), les chercheurs avaient comme objectif d'analyser la validité scientifique des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires. Comme l'illustrent les citations de l'encadré n^o 4, les objectifs des trois premières études visent à montrer si la manière dont les manuels scolaires proposent d'aborder les concepts scientifiques est en concordance ou en discordance avec les idées de la communauté scientifique. Plus particulièrement, les chercheurs se sont intéressés aux ambiguïtés ou aux mauvaises conceptions relatives à des concepts de biologie ou de physique. Dans les deux autres études, c'est la validité scientifique des modèles iconiques en biologie et en chimie qui a été étudiée.

Encadré n° 4 : Extraits illustrant les objectifs relatifs à la validité scientifique des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires

- « *This article [...] examines some ambiguous uses of the concept in teaching resources.* » (Ashelford, 2002, p. 97)
- « *The purpose of this study was [...] to identify potential magnet misconceptions.* » (Barrow, 2000, p. 201)
- « *More generally, we explore the relationships among textbook knowledge and biological knowledge and ask : Are conceptualizations of hormones and sex differences presented in secondary school textbooks concordant or discordant with prevailing scientific ideas? Is the use of the term “sex hormone” associated with misconceptions regarding the presence and function of steroid hormones in male and female bodies?* » (Nehm et Young, 2008, p. 1178)
- « *In the present study we examined primary school textbooks of the twentieth century in search of the origins of the three didactic obstacles : images of “confusion” from the stomach to the anus.* » (Carvalho et al., 2007, p. 1178)
- « *The purpose of this study is to investigate the function and structure of chemical inscriptions in middle school science textbooks. We analyze the drawings of chemical phenomena depicting the particulate nature of matter.* » (Han et Roth, 2006, p. 176)

Qu'en est-il de l'explicitation des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires de sciences et technologies? Quatre études (n°s 5, 14, 23, 26) se sont intéressées au soutien offert aux enseignants ou aux élèves pour l'enseignement-apprentissage des savoirs conceptuels. Comme l'illustre la première citation de l'encadré n° 5, les objectifs des trois premières études visent à décrire le soutien offert aux élèves (nature des légendes en lien avec les modèles, liens entre les modèles et les explications textuelles, explicitation des analogies, etc.) pour l'interprétation des modèles scientifiques dans les manuels scolaires du secondaire. Quant à l'autre étude, dont l'objectif est cité en deuxième lieu dans ce même encadré n° 5, elle vise à montrer si les manuels scolaires de technologies anglais du primaire ont le potentiel de soutenir les nouveaux enseignants du primaire pour l'enseignement des savoirs conceptuels.

Encadré n° 5 : Extraits illustrant les objectifs relatifs à l'explicitation des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires

- « *In this study, we investigate the use of inscriptions in different scientific texts [...] The remainder of the study is then concerned with the question, "Why do students find it so difficult to interpret scientific inscriptions?" We began our investigation by seeking answers to two corollary questions, "What are the inscriptions available to readers of science texts at different educational levels?"* » (Bowen et Roth, 2002, p. 304)
- « *The question is: Do children's technology textbooks in England have the potential to help primary school teachers address cause and purpose? Or do they, like many teachers, avoid such reasons? To answer these questions in a UK context, the content of some elementary design and technology textbooks was analysed to gauge their concern for cause and purpose. The potential of the books to support new and non-specialist teachers in helping children 'know why' was then considered.* » (Newton et Newton, 2007, p. 201)

La place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique ou technologique dans les manuels scolaires a été considérée dans quatre études (n°s 7, 8, 13, 33). Comme l'illustrent les citations de l'encadré n° 6, deux études (n°s 13, 33) se sont intéressées exclusivement au potentiel des activités d'apprentissage pour soutenir les élèves dans le développement de leurs habiletés de recherche et deux autres études (n°s 7 et 8) se sont intéressées à la fois aux habiletés de recherches et aux démarches à caractère scientifique.

Encadré n° 6 : Extrait illustrant les objectifs relatifs à la place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique et technologique dans les manuels scolaires

- « *This study will 1° give an overview of the practical activities typically found in the laboratory manuals in the textbooks used in Hong Kong; 2° consider the kind of learning promoted by such activities* » (Yip, 2006, p. 34)
- « *The purpose of this study was to analyze five high school biology textbooks to determine the emphasis given to four themes or facets of the nature of science: [...] (b) science as a way of investigating, (c) science as a way of thinking.* » (Chiappetta et Fillman, 2007, p. 1848)

Quels liens y a-t-il entre les activités d'apprentissage et la construction des savoirs conceptuels? Les savoirs conceptuels sont-ils présentés directement aux élèves ou au travers des démarches d'investigation? Les activités d'apprentissage suggérées dans les manuels scolaires offrent-elles des occasions de construire des savoirs conceptuels? Ce sont

à de telles questions que trois études (n^{os} 4, 8, 26) tentent de répondre comme en témoignent les citations de l'encadré n° 7.

Encadré n° 7 : Extraits illustrant les objectifs relatifs aux liens entre les activités d'apprentissage (ou les démarches) et l'appropriation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires

- « *The purpose of this study was to determine [...] how the concepts are presented as prose, whether a laboratory investigation is included or not* » (Barrow, 2000, p. 201)
- « *This study will 1° give an overview of the practical activities typically found in the laboratory manuals in the textbooks used in Hong Kong; 2° consider the kind of learning promoted by such activities* » (Yip, 2006, p. 34)

Cinq études (n^{os} 5, 7, 13, 18, 20) ont rapporté des objectifs liés à la représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école. Comme l'illustrent les citations de l'encadré n° 8, les chercheurs se sont intéressés à voir dans quelle mesure les savoirs conceptuels sont présentés de manière “contextualisée” et sont reliés aux expériences des élèves ou encore si les activités d'apprentissage proposées prennent en compte les relations entre les sciences, la société et les technologies.

Encadré n° 8 : Extraits illustrant les objectifs relatifs à la représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école dans les manuels scolaires

- « *In this study, we investigate the use of inscriptions in different scientific texts [...] We began our investigation by seeking answers to two corollary questions, “What are the inscriptions¹⁶ available to readers of science texts at different educational levels?”* » (Bowen et Roth, 2002) (p. 304)
- « *This paper addresses the following question: To what degree do chemistry textbooks [...] present a distorted image of science¹⁷ when they introduce acid-base reactions in high-school and university teaching?* » (Furio-Mas et al. 2005, p. 1338)

16 Les chercheurs se sont entre autres intéressés à savoir si les “*inscriptions*” sont présentées de manière “contextualisée”. Par “*inscriptions*”, les chercheurs entendent les graphiques, les diagrammes, les photographies, les tableaux et les formules mathématiques.

17 Par “*image of science*”, les chercheurs se sont entre autres intéressés à savoir si les manuels scolaires problématisent les savoirs conceptuels en lien avec l'hydrolyse des sels : « *Do Textbooks and Teachers Present a Non-Problematic View of the Hydrolysis of Salts?* » (Furio-Mas et al., 2005, p. 1349).

- « *The purpose of this study was to analyze five high school biology textbooks to determine the emphasis given to four themes or facets of the nature of science: [...] (d) science and its interactions with technology and society.* » (Chiappetta et Fillman, 2007, p. 1848)

Au regard des objectifs liés à la représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques, les chercheurs s'intéressent à analyser le sens attribué aux savoirs disciplinaires, l'évolution sociohistorique des savoirs conceptuels et la vision de l'activité scientifique qui est transmise dans les manuels scolaires.

Six études (n^{os} 1, 14, 15, 16, 17, 26), ont rapporté des objectifs en lien avec le sens des savoirs disciplinaires. Quel sens les auteurs de manuels scolaires attribuent-ils aux modèles, aux lois et aux théories scientifiques dans les manuels scolaires? Les distingue-t-on par leurs attributs caractéristiques? Comment la démarche scientifique est-elle considérée? Est-elle considérée comme simple procédure qui permet de construire des savoirs infaillibles ou plutôt comme une démarche qui nécessite la mobilisation de différentes habiletés d'investigation et dont la séquence peut s'adapter à la nature de problème auquel elle permet de résoudre? Comment le processus de modélisation est-il considéré? Comme l'illustrent les citations de l'encadré n° 9, ces objectifs renvoient au sens attribué aux savoirs conceptuels ou procéduraux.

Encadré n° 9 : Extraits illustrant les objectifs relatifs au sens attribué aux savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires

- « *The study was guided by the following questions: 1) How is NOS¹⁸ represented in high school chemistry textbooks that span the past four decades? 2) Have these representations of NOS changed during the past four decades? 3) To what extent do these changes, if any, reflect changes in scholarship about NOS?* » (Abd-El-Khalick et al., 2008, p. 836)
- « *Ideological dimensions are: Science (the nature of science, connected to culture and a human activity or not, knowledge sought for its own sake or for practical purposes, science in various institutional settings) [...] This article will mainly focus on the first of these dimensions; the image of science.* » (Knain, 2001, p. 319)

18 Les dimensions "Myth of The Scientific Method", "Scientific theories" et "Scientific laws" qui renvoient au sens attribué aux savoirs conceptuels figurent parmi les principaux aspects de la nature des sciences qui ont été considérés par les auteurs pour l'analyse des manuels scolaires.

- « *The purpose of this paper is to describe and discuss teachers' views of modelling and the ways that models are used in popular science textbooks [...] A second research question asks: Are there similarities between the way textbooks represent models and the way teachers think about and teach with models?* » (Harrison, 2001, p. 402)

L'évolution sociohistorique des savoirs disciplinaires a aussi été une préoccupation des chercheurs dans quatre études (n^{os} 1, 16, 17, 25). Quelle image de la construction des savoirs scientifiques et technologiques est véhiculée dans les manuels scolaires? Les savoirs sont-ils considérés comme des vérités absolues ou plutôt comme le fruit d'une construction humaine et sociale qui prend en compte les facteurs culturels dans lesquelles ils ont pris naissance? Comme l'illustrent les citations de l'encadré n^o 10, ces études s'intéressent entre autres à l'évolution sociohistorique des savoirs disciplinaires dans des manuels scolaires du secondaire de différentes époques.

Encadré n^o 10 : Extraits illustrant les objectifs relatifs à l'évolution sociohistorique des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires

- « *Given this background the objectives of this study are : [...] 3° Evaluation of textbooks with respect to atomic structure, published between 1929–1967, based on the criteria used in the previous study (Niaz, 1998). 4° Comparison of the new (1970–1992) and old (1929–1967) textbooks with respect to the presentation of atomic structure within a history and philosophy of science framework.* » (Rodriguez et Niaz, 2002, p. 424)
- « *In this paper we shall present a checklist developed to analyse the historical content of science textbooks and show its validity through the analysis of textbooks with different amounts and types of historical information.* » (Leite, 2002, p. 335)

Enfin, la vision de l'activité scientifique a été analysée dans trois études (n^{os} 1, 7, 12). Comme l'illustre la citation de l'encadré n^o 11, il s'agissait principalement d'examiner les idées véhiculées dans les manuels scolaires au regard du travail des scientifiques. Comment les scientifiques effectuent-ils leurs observations des phénomènes? Quel est l'apport de la créativité humaine dans la construction des savoirs? Comment les représentations initiales, les fondements théoriques ou les croyances sur lesquelles les chercheurs s'appuient influencent-ils leur travail (le choix des problèmes à résoudre, les méthodes utilisées pour les résoudre et les interprétations des observations effectuées)?

Encadré n° 11 : Extraits illustrant les objectifs relatifs à la vision de l'activité scientifique dans les manuels scolaires

- « The study was guided by the following questions : (1) How is NOS¹⁹ represented in high school chemistry textbooks that span the past four decades? (2) Have these representations of NOS changed during the past four decades? (3) To what extent do these changes, if any, reflect changes in scholarship about NOS? » (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008, p. 836)

1.2 Description des objectifs de la catégorie 2 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants

Les cinq études (n°s 9, 10, 11, 12, 33) dont les objectifs s'inscrivent dans cette catégorie s'intéressent aux modalités d'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants. Ces études rapportent des objectifs qui renvoient notamment à la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires de sciences (étude n° 12, encadré n° 12), aux facteurs qui influencent la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires de sciences (étude n° 12, encadré n° 13) et aux effets des manuels scolaires sur l'enseignement des savoirs disciplinaires (études n°s 9 et 10, encadré n° 14). Par ailleurs, l'une d'entre elles (étude n° 11, encadré n° 15) s'intéresse également à la construction de l'identité professionnelle des enseignants à travers l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies

Encadré n° 12 : Extrait illustrant les objectifs relatifs à la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires

- « The objectives of this study were to investigate the ways in which preservice elementary teachers critique and adapt science curriculum materials dealing with SSI and to identify factors that mediate this process. The research questions are: 1° How do preservice elementary teachers critique and adapt science curriculum materials, particularly in respect to SSI? » (Forbes et Davis, 2008b, p 832)

¹⁹ Les dimensions « empirical », « inferential », « creative » et « theory-driven » qui renvoient à la vision de l'activité scientifique figurent parmi les aspects de la nature des sciences qui ont été considérés par les auteurs pour l'analyse des manuels scolaires.

Encadré n° 13 : Extrait illustrant les objectifs relatifs aux facteurs qui influencent la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires

- « *The objectives of this study were to investigate the ways in which preservice elementary teachers critique and adapt science curriculum materials dealing with SSI and to identify factors that mediate this process. The research questions are: [...] 2° What factors mediate preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials, particularly in respect to SSI?* » (Forbes et Davis, 2008b, 832)

Encadré n° 14 : Extraits illustrant les objectifs relatifs aux effets des manuels scolaires sur l'enseignement des savoirs disciplinaires

- « *This study examines [...] if curriculum materials attempt to mediate learning epistemic practices by explicitly describing and explaining for teachers the goal and purpose of activities in terms of learning epistemic practices of science, what are the effects on teacher actions and opportunities for students²⁰ to learn epistemic practices of science?* » (Enfield et al., 2008, p. 609)
- « *Le but de cet article est de présenter une étude conduite avec des élèves de 12 ans dans le contexte d'une leçon de science sur les acides et les bases en chimie. Elle vise à présenter l'analyse de verbatim de trois leçons de sciences qui illustrent une rupture entre les connaissances de l'enseignant et celles de l'élève sur les acides et les bases en chimie.* » (Erduran, 2003, p. 81)

Encadré n° 15 : Extrait illustrant les objectifs relatifs au lien entre l'utilisation des manuels scolaires et la construction de l'identité professionnelle chez les enseignants

- « *Given the calls for research on the relationship between teacher characteristics, including identity, and teachers' use of curriculum materials (Remillard, 2005), we undertook research aimed at better understanding how preservice elementary teachers construct a teaching identity as they learn to use science curriculum materials. Specifically, we asked, 1° How do preservice elementary teachers conceptualize their role identity in respect to curriculum materials? 2° How do preservice elementary teachers' curricular role identities develop through their use of science curriculum materials at this early stage along the teacher professional continuum?* » (Forbes et Davis, 2008a, p. 911)

²⁰ À la page 620, les auteurs mentionnent explicitement que leur étude met l'accent sur les pratiques d'enseignement.

1.3 Description des objectifs de la catégorie 3 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves

Les six études (n^{os} 21, 24, 27, 29, 30, 31) qui présentent des objectifs qui s'inscrivent dans cette catégorie visent à voir les effets de l'utilisation des manuels scolaires sur les apprentissages disciplinaires ou à comparer les effets de l'utilisation des manuels scolaires par rapport à ceux liés à l'utilisation d'approches pédagogiques sur les apprentissages disciplinaires. Par ailleurs, deux d'entre elles (n^{os} 21, 30) s'intéressent au lien entre l'usage des manuels scolaires et les attitudes comportementales des élèves.

Six études (n^{os} 21, 24, 27, 29, 30, 31) rapportent des objectifs relatifs au lien entre l'usage des manuels scolaires et l'apprentissage chez les élèves. Deux d'entre elles (n^{os} 27, 29) se sont intéressées aux effets des manuels scolaires sur l'apprentissage des savoirs conceptuels. Comme l'illustrent les citations des objectifs de ces études dans l'encadré n^o 16, les chercheurs visent à analyser la manière dont les élèves interprètent des savoirs conceptuels ou les interactions enseignant-élèves-manuels au cœur des apprentissages disciplinaires.

Encadré n^o 16 : Extraits illustrant les objectifs relatifs aux effets des manuels scolaires sur l'apprentissage des savoirs conceptuels par les élèves

- « *The research questions for this document are : Given the observation that the document seems to capitalize on, if not to reinforce, the fact that energy is strongly associated by children with visible motion, how do the pupils [...] How will the pupils respond to the naturalistic conceptual structure of the document?* » (Stylianidou et al., 2002, p. 261)
- « *Drawing on the issues of how school science laboratory activities are limited in fulfilling intentions of enhancing learning in science and arguing for a need to examine the processes in the school science laboratory at a micro level, this paper aims to answer the following research question: What are different forms of tensions in student sense-making emerging from teacher-student interactions during biology laboratory activities?*²¹ » (Tan, 2008, p. 1664)

21 Dans cette étude, le manuel scolaire a été considéré comme un outil de référence pour les enseignants et les élèves lors des activités d'apprentissage qui ont été menées au laboratoire.

Quant aux quatre autres études (n^{os} 21, 24, 30, 31), elles visent à comparer les effets de l'utilisation d'approches pédagogiques sur l'apprentissage des savoirs disciplinaires (plus particulièrement des savoirs conceptuels et des habiletés d'investigation scientifique) par rapport aux effets de l'enseignement traditionnel où l'on utilise les manuels scolaires seulement. Comme l'illustrent les citations de l'encadré n^o 17, les chercheurs opposent les effets des approches "*hands-on*", "*thematic science program*", "*active learning*" avec celles liées à l'utilisation d'applications informatiques (logiciel informatique NatHint²² ou application informatique GIS²³) par rapport aux effets de l'enseignement traditionnel désigné sous l'appellation de "*traditional classroom instruction*", de "*textbook-oriented program traditional*" ou de "*textbook-based instruction*" selon les chercheurs.

22 Le programme NatHint est un logiciel informatique qui vise à soutenir l'enseignement et l'apprentissage de concept en physique.

23 Il s'agit du logiciel de simulation *Geographic Information Systems* disponible à l'adresse <<http://www.gis.com/>>.

Encadré n° 17 : Extraits illustrant les objectifs relatifs aux effets de l'utilisation d'approches pédagogiques sur l'apprentissage des savoirs disciplinaires par les élèves

- « *This study examines the following research questions: 1° How does student performance on the assessment modes compare between the students in the hands-on²⁴, thematic science program and the textbook-oriented program? 2° What effects can be seen on each measure of science achievement for students in the hands-on, thematic program and the textbook-oriented program?* » (McCarthy, 2005, p. 1664)
- « *In Experiment 1, we were interested in three kinds of gains related to students' science learning experiences—content knowledge, knowledge of science process skills [...] We posed the following questions : Content Knowledge—Would students achieve higher grades on content tests after active learning²⁵ compared to traditional classroom instruction²⁶? Would they indicate more learning from active learning compared to traditional instruction in self-reports of their learning experiences? Knowledge of Science Process Skills—Would students demonstrate more knowledge of the nature and processes of science (e.g., forming and testing hypotheses, communicating findings) after being involved in active learning than after traditional classroom instruction? Would they indicate more knowledge of the nature and processes of science and facility in the use of those methods in self-report after active learning compared to traditional classroom instruction?* » (Taraban et al., 2007, p. 964)
- « *As educators with experience in Earth science, we conducted a study comparing the effectiveness of using GIS-based lessons to traditional textbook-based instruction on the same topic. We focused on plate tectonics because it is a map-based concept with which many upper elementary students struggle.* » (Purcell et al., 2006, p. 25)
- « *The research questions to be answered in this paper are as follows. 1° Does the use of the program NatHint lead to an improvement in solving applied tasks about forces? Does using the program lead to an improvement in problem-solving ability?* » (Uclo et al., 2005, p.455)

Deux études (n^{os} 21 et 30) visent à comparer les effets de l'utilisation d'approches pédagogiques par rapport aux effets de l'enseignement traditionnel sur les attitudes comportementales des élèves. Comme l'illustrent les citations de l'encadré n° 18, ce sont les comportements et la motivation des élèves à s'engager dans les tâches ou les activités de recherche qui ont été considérés.

24. Dans l'approche *Hands-On Science*, les élèves ont eu l'occasion de manipuler des faits scientifiques (points d'ébullition et de congélation) contrairement à l'enseignement traditionnel où l'on a demandé aux élèves de faire la lecture de passages dans les manuels scolaires et où les élèves n'ont rien retenu.

25 L'approche *Active learning* est celle où l'on a privilégié l'engagement des élèves dans des activités de laboratoire.

26. L'enseignement traditionnel est celui où l'on a privilégié la lecture, les devoirs et les feuilles de travail. Dans cette approche, les concepts, les faits, les lois, les théories, les applications et l'utilisation des activités de laboratoire sont davantage mobilisés dans des exercices de vérification ou dans des applications secondaires lorsque les concepts ont été préalablement couverts en classe.

Encadré n° 18 : Extraits illustrant les objectifs relatifs au lien entre l'usage des manuels scolaires et les attitudes comportementales des élèves

- « *This study examines the following research questions: [...] 3° Will the students in the hands-on program and the textbook program exhibit negative behaviors?* » (McCarthy, 2005, p. 1664)
- « *In Experiment 1, we were interested in three kinds of gains related to students' science learning experiences—[...] attitudes toward science. We posed the following questions: [...] Attitudes Toward Science—Would students express more enthusiasm for inquiry and science when they engaged in active learning compared to traditional instruction, as indicated in self-reports of their learning experiences?* » (Taraban et al., 2007, p. 964)

2. LES CADRES DE RÉFÉRENCE RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES

Dans la majorité des études (18 études parmi les 33), les cadres de référence ne sont pas énoncés explicitement par les chercheurs ou ils sont absents (4 études). Seulement 11 études contiennent des cadres de référence énoncés explicitement²⁷.

Le tableau 2 présente la nature des cadres de référence selon les catégories des études et donne un aperçu des principaux concepts qui sont abordés dans chacun de ceux-ci. Celui-ci montre que la majorité des études (24 études parmi les 33) présentent des cadres de référence basée sur des savoirs disciplinaires. Sept études présentent des cadres de référence basés sur des approches pédagogiques pour favoriser les apprentissages disciplinaires et onze études présentent des cadres de référence basés sur des concepts ou des théories en éducation.

²⁷ En d'autres termes, on peut repérer une section de l'article identifié par un titre ou une phrase explicite qui fait référence à un cadre d'analyse, conceptuel, théorique, etc.

Tableau 2 : Nature des cadres de référence selon les catégories et sous-catégories des études

Cadre de référence ²⁸	Principaux concepts abordés dans le cadre de référence
1. Cadre de référence basé sur des savoirs disciplinaires (N=24)	<p>1.1 Cadre de référence basé sur des savoirs qui composent la structure disciplinaire en sciences et technologies (N=20)</p> <p>1.1.1 Cadre de référence basé sur des savoirs conceptuels</p> <p><i>Physiological, behavioural and developmental adaptation (No. 2); laws of motion, quantity of matter, quantity of motion, inertia of a body, etc. (No. 3); notion of inscription (No. 5); science as a body of knowledge (No. 7); specialised scientific knowledge (No. 8); acid–base reactions, neutralization according to the Arrhenius theory (No. 13); particulate nature of matter (no 14); textbook models : scale models, pedagogical analogical models, iconic and symbolic models, etc. (No. 15); models of the atom : ancient Greek model, Dalton’s model, Thomson’s model, Rutherford’s ‘nuclear’ model, Bohr’s ‘orbit’ model (Nos. 16, 25); images of nature (No. 18); historical content of science textbooks (No. 19); genetic engineering (No. 20); sex dualism, hormones (No. 22); volcanoes, earthquakes, plate tectonics (No. 24); matter cycling and energy flowing ecosystems, content alignment to the life science ideas (No. 26), urban ecosystem, urban ecology (No. 28); Earth–Moon system, scientific theory of tides (No. 32)</i></p> <p>1.1.2 Cadre de référence basé sur des savoirs procéduraux</p> <p><i>Science as a way of investigating, science as a way of thinking (No. 7); epistemic practice (No. 9); inquiry investigations (No. 1); 5E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, and Evaluate) learning cycle (No. 24)</i></p>
	<p>1.2 Cadre de référence basé sur des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l’école (N=3)</p> <p><i>Science and its interactions with technology and society (Nos. 7, 17); socioscientific issues in science education, contextualized science (No. 12)</i></p>
	<p>1.3 Cadre de référence basé sur des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques (N=6)</p> <p><i>Nature of science (1, 17, 19); distorted views of science (13); the notion of ‘model’ adopted, historical model (16); image of science (17, 19); nature of technology (23)</i></p>
2. Cadre de référence basé sur des approches pédagogiques (N=7)	<p><i>Explicit versus implicit approaches to addressing nature of science (No. 1), models-based approach to history and philosophy of science (No. 16); traditional textbook approaches, hands-on approaches (No. 21); GIS-based instruction; traditional textbook-based instruction (No. 24); laboratory-based instruction (no 29); active learning, traditional conditions (No. 30); computer program NatHint-based instruction; direct instruction, indirect instruction (No. 31)</i></p>

28 Les descriptions des catégories relatives aux cadres de référence sont présentées à l’annexe 6.

Cadre de référence ²⁸	Principaux concepts abordés dans le cadre de référence
3. Cadre de référence basé sur des concepts ou des théories en éducation (N=11)	<p>3.1 Cadre de référence basé sur des concepts ou des théories en éducation scientifique (N=2)</p> <p><i>Learning epistemic practices as socially constructed conceptual change (No. 9); models and modelling (No. 16)</i></p> <p>3.2 Cadre de référence basé sur des concepts ou des théories dans d'autres domaines que l'éducation scientifique (N=9)</p> <p><i>Notions of classification, formality and framing (No. 8); identity, role identity and curricular role identity (No. 11); conceptual model (No. 13); semiotics of chemical inscription (14); framework of functional grammar of Halliday (No. 17); Clauses of cause and purpose (No. 23); narrative and conceptual representation, classificational, analytical and symbolic processes (No. 27); urban imagery, sense of place theory (No. 28); tensions; epistemological beliefs to learning (No. 30)</i></p>
4. Aucun cadre de référence (N=4)	Études n ^{os} 4, 6, 10, 33

Parmi les études qui présentent des cadres de référence basés sur des savoirs disciplinaires, la plupart d'entre elles (20 études parmi les 24) s'appuient sur des savoirs qui composent la structure disciplinaire en sciences et technologies. Comme l'illustrent les sections 1.1.1 et 1.1.2 du tableau 2, sections où l'on présente les principaux concepts abordés par les auteurs dans leur cadre de référence, ce sont les savoirs conceptuels, notamment les concepts, les modèles, les lois et les théories scientifiques qui structurent la majorité des cadres de référence de ces études (n^{os} 2, 3, 5, 8, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 28, 32). Les savoirs procéduraux (démarches d'investigation, habiletés de recherche, etc.) occupent une place secondaire dans les études (n^{os} 7, 9, 21, 24). Seulement 3 études parmi les 24 s'appuient sur des savoirs en lien avec les problématiques individuelles et sociales de la vie hors de l'école. Celles-ci mettent l'accent sur les interactions entre les sciences, la technologie et la société et sur l'importance de "contextualiser" les sciences dans le monde réel. Enfin, 6 études parmi les 24 s'appuient sur des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques. La plupart d'entre elles mettent l'accent sur des concepts liés à la nature de sciences et des technologies.

Quant aux sept études (n^{os} 1, 16, 21, 24, 29, 30, 31) qui présentent des cadres de référence basés sur des approches pédagogiques, les auteurs justifient le recours à ces approches soit pour favoriser l'apprentissage des savoirs qui composent la structure disciplinaire, soit pour favoriser l'apprentissage des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques. En effet, quatre études (n^{os} 21, 24, 30, 31) opposent les approches pédagogiques traditionnelles où l'enseignement des sciences repose principalement sur un enseignement magistral (*direct instruction, traditional conditions*) ou sur l'utilisation unique du manuel scolaire (*traditional textbook approaches, traditional textbook-based instruction*) par rapport à des approches pédagogiques particulières (*hands-on approaches, laboratory-based instruction, active learning, indirect instruction*) dont le but vise l'appropriation des savoirs qui composent la structure disciplinaire en sciences et technologies. Dans deux études (n^{os} 1 et 16), les cadres de référence sont basées sur des approches pédagogiques (*explicit versus implicit approaches to addressing nature of science, models-based approach to history and philosophy of science*) qui visent l'appropriation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques.

Du côté des études dont les cadres de référence sont basés sur des concepts ou des théories en éducation, la majorité d'entre elles (9 études parmi les 11 : n^{os} 8, 11, 13, 14, 17, 23, 27, 28, 30) présentent des cadres de référence construits sur la base de concepts ou des théories puisés dans d'autres domaines que l'éducation scientifique. En effet, seulement deux études (n^{os} 9, 16) sont constituées de cadre de référence construits sur la base de concepts ou des théories en éducation scientifique, ces derniers renvoyant à l'enseignement-apprentissage des pratiques épistémiques (*epistemic practices*) et de la modélisation.

3. LES MÉTHODOLOGIES RETENUES PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES

Dans cette section, nous présenterons les méthodologies retenues par les auteurs dans les études analysées. Plus précisément, nous présenterons les modes d'échantillonnage

et les procédures de recueil et d'analyse de données utilisés par les auteurs qui ont analysé les manuels scolaires ou leur utilisation du point de vue des savoirs disciplinaires.

3.1 Modes d'échantillonnage

Dans la majorité des études (23 études parmi les 33), les modes d'échantillonnage sont énoncés explicitement par les chercheurs. Dans huit études, les modes d'échantillonnage ne sont pas précisés. Le tableau 3 présente la fréquence des études selon les modes d'échantillonnage, et ce, pour chacune des catégories d'étude.

Tableau 3 : Fréquence des études (N) selon les modes d'échantillonnage

Modes d'échantillonnage selon les catégories d'étude ²⁹	Échantillonnage de convenance (N)	Échantillonnage accidentel (N)	Échantillonnage par choix raisonné (N)	Aucun mode d'échantillonnage (N)	Mode d'échantillonnage non précisé (N)
Catégorie 1. Représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies		3 (n ^{os} 15, 23, 26)	12 (n ^{os} 1, 4, 5, 6, 7, 14, 19, 22, 23, 26, 28, 33)	2 (n ^{os} 8, 18)	6 (n ^{os} 2, 3, 13, 17, 20, 25)
Catégorie 2. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants	2 (n ^{os} 11, 12)	1 (n ^o 9)	2 (n ^{os} 11, 12)		2 (n ^{os} 10, 33)

²⁹ Les descriptions des catégories relatives aux modes d'échantillonnage sont présentées à l'annexe 7.

Catégorie 3. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves	2 (n ^{os} 29, 30)		3 (n ^{os} 21, 30, 31)		2 (n ^{os} 24, 27)
---	-------------------------------	--	-----------------------------------	--	-------------------------------

Parmi les 22 études qui présentent des objectifs en lien avec la représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies, la plupart d'entre elles (12 études parmi les 22) ont recouru à un mode d'échantillonnage par choix raisonné. En regard de ce mode d'échantillonnage, le critère qui est le plus souvent utilisé par les auteurs pour sélectionner les manuels scolaires est celui de la popularité au niveau de son utilisation auprès des enseignants. En effet, ce critère a été retenu dans 9 études parmi les 12 (n^{os} 1, 5, 6, 7, 22, 23, 26, 28, 33). Dans les trois autres études (n^{os} 4, 14, 19), les échantillons ont été sélectionnés sur la base de leur potentiel à fournir des données en lien avec les savoirs disciplinaires de sciences et technologies retenus par les auteurs. L'échantillonnage accidentel a aussi été utilisé dans trois études (n^{os} 15, 23, 26). Ici, c'est la facilité d'accès aux manuels scolaires qui a permis de sélectionner les échantillons. Dans deux études (n^{os} 8, 18), les auteurs n'ont recouru à aucun mode d'échantillonnage puisque c'est la population qui a été prise en compte. Enfin, dans six études (n^{os} 2, 3, 13, 17, 20, 25), les auteurs n'ont pas fourni d'indication au regard des modes d'échantillonnage qu'ils ont utilisés. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Carvalho *et al.* (2007) ont recouru au mode d'échantillonnage par choix raisonné en sélectionnant les manuels scolaires de sciences du primaire qui ont été les plus utilisés par les enseignants dans le nord du Portugal entre les années 1920 et 2005;
2. Leite (2002) a recouru au mode d'échantillonnage par choix raisonné en sélectionnant cinq manuels de physique portugais du secondaire de manière à varier la quantité d'information disponible au regard de la nature et de l'histoire des sciences;

3. Stern et Roseman (2004) ont recouru au mode d'échantillonnage accidentel en sélectionnant neuf manuels scolaires de sciences américains de la sixième à la huitième année du secondaire qui étaient disponibles sur le marché de l'édition au moment de réaliser leur étude;
4. Dimopoulos *et al.* (2005) n'ont recouru à aucun mode d'échantillonnage puisqu'ils ont analysé tous les manuels scolaires de sciences de la première à la sixième année du primaire de la Grèce.

Parmi les cinq études qui présentent des objectifs qui se rapportent à l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants, deux d'entre elles (n^{os} 11, 12) ont recouru à la fois à l'échantillonnage de convenance et à l'échantillonnage par choix raisonné et l'une d'entre elles (n^o 9) a recouru à l'échantillonnage accidentel. Dans les deux autres études (n^{os} 10 et 33), le mode d'échantillonnage n'a pas été précisé. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Des futurs enseignants américains du primaire ont accepté de participer volontairement à l'étude de Forbes et Davis (2008a);
2. L'échantillonnage accidentel a été utilisé par Enfield *et al.* (2008) pour sélectionner l'enseignant qui a participé à l'étude : celui-ci participait déjà à une communauté d'apprentissage professionnel dirigé par un chercheur d'une université américaine qui a réalisé l'étude en question;
3. Forbes et Davis (2008a), pour varier la nature de leur échantillon, ont établi des critères spécifiques pour le choix de futurs enseignants américains du primaire : le type de manuel scolaire utilisé, la provenance des écoles (en milieu rural ou urbain), le genre et l'origine ethnique.

Parmi les six études qui présentent des objectifs en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves, deux d'entre elles (n^{os} 29 et 30) ont recouru à l'échantillonnage de convenance. L'échantillonnage par choix raisonné a été utilisé dans trois études (n^{os} 21, 30 et 31) et dans les deux autres études (n^{os} 24 et 27), les

auteurs n'ont pas fourni d'indication au regard des modes d'échantillonnage qu'ils ont utilisés. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Tan (2008) a recouru à l'échantillonnage de convenance pour sélectionner les élèves d'une classe de biologie du secondaire;
2. Uclo *et al.* (2005) ont recouru à l'échantillonnage par choix raisonné en sélectionnant des élèves de deux classes d'une école secondaire des Pays-Bas sur la base de leurs résultats en physique et sur la possibilité d'avoir accès à une connexion Internet haute vitesse à la maison pour faire fonctionner un logiciel (Nathint) nécessaire à la réalisation de leur étude.

3.2 Procédures de recueil des données

Sauf pour l'étude n° 33, les procédures de recueil des données sont énoncées explicitement par les chercheurs dans toutes les études. Le tableau 4 donne un aperçu de la fréquence des études selon les procédures de recueil des données, et ce, pour chacune des catégories d'étude.

Tableau 4 : Fréquence des études (N) selon les procédures de recueil des données

Procédures de recueil des données selon les catégories d'étude ³⁰	Catégorie 1. Représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies (N)	Catégorie 2. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants (N)	Catégorie 3. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves (N)
Enregistrement audio ³¹			2 (n ^{os} 21, 29)

³⁰ Les descriptions des catégories relatives aux procédures de recueil des données sont présentées à l'annexe 8.

³¹ Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, les catégories "enregistrement audio" et "enregistrement vidéo" ne sont pas mutuellement exclusives avec les autres catégories.

Enregistrement vidéo		1 (n° 10)	2 (n° 21, 29)
Entrevue		3 (n° 9, 11, 12)	1 (n° 27)
Grille de recueil des données	22 (n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 25, 26, 28, 32, 33)		
Observation directe en classe		1 (n° 11)	
Questionnaire		1 (n° 11)	5 (n° 21, 24, 27, 29, 30)
Recueil d'artefacts		3 (nos 9, 11, 12)	
Non spécifiée		1 (n° 33)	

La grille de recueil des données est la procédure de recueil des données qui a été utilisée dans les 22 études qui rapportent des objectifs liés à la représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies. Celle-ci a été utilisée afin d'aider les chercheurs à sélectionner, dans les manuels scolaires, des unités d'analyse en lien avec l'objet d'étude. Les unités d'analyse renvoient notamment à des extraits textuels (mots, phases, etc.) ou à des représentations symboliques ou iconiques. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Nehm et Young (2008) ont utilisé une grille de recueil des données pour identifier, dans le glossaire de certains manuels scolaires américains, des concepts en lien avec les « *steroid hormones and their roles in sex differences in humans and other vertebrate animals* », notamment à l'aide des mots clés “hormone”, “testostérone”, “estrogène”, “progestérone” et “hormone sexuelle”, et ce, afin de repérer les

sections des manuels où l'on traite du sujet à l'étude et de sélectionner les extraits où les auteurs définissent ces concepts;

2. Stern et Roseman (2004) ont utilisé une grille de recueil des données pour sélectionner, dans un manuel scolaire de l'élève américain et le guide de l'enseignant qui l'accompagne, des unités de sens (extraits de texte, des activités, des questions de discussion, des notes de l'enseignant, etc.) qui font référence aux idées clés liées au transfert de la matière et de l'énergie dans les écosystèmes.

Parmi les cinq études qui rapportent des objectifs liés à l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants (n^{os} 9, 10, 11, 12, 33), la majorité d'entre elles (n^{os} 9, 11, 12) ont recouru à la fois aux entrevues ou à la collecte d'artefacts pour recueillir les données de leurs études. L'enregistrement vidéo a été utilisé dans une étude (n^o 10) pour voir les interactions enseignant-élèves lors d'une leçon de sciences. L'observation directe en classe pour décrire les pratiques d'enseignement de huit futurs enseignants du primaire et le questionnaire pour mesurer l'évolution de l'utilisation des manuels scolaires de sciences de ces mêmes enseignants ont été utilisés dans une étude (n^o 11). Dans une seule étude (n^o 33), les procédures de recueil des données n'ont pas été spécifiées. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Forbes et Davis (2008*b*) ont réalisé des entrevues semi-structurées auprès de quatre futurs enseignants américains du primaire à la fin de leur formation initiale afin de voir comment ceux-ci critiquent et adaptent un scénario d'enseignement d'un manuel scolaire de sciences qui traite de l'effet des pesticides sur les écosystèmes;
2. Forbes et Davis (2008*a*, 2008*b*) ont recueilli des artefacts (notamment des notes de cours, des journaux de bord et des extraits de discussion en ligne) auprès de futurs enseignants américains du primaire de manière à voir comme ceux-ci critiquent, modifient et mettent en œuvre des plans de leçon de certains manuels scolaires;
3. Erduran (2003) a effectué un enregistrement vidéo pour recueillir des données sur les ruptures entre les connaissances d'élèves et celles d'enseignants américains lors de leçons sur les acides et les bases extraits d'un manuel de chimie;

4. Forbes et Davis (2008a) ont utilisé l'observation directe en classe pour décrire les pratiques d'enseignement de huit futurs enseignants américains sélectionnés;
5. Forbes et Davis (2008a) ont utilisé un questionnaire, au début et au terme d'un cours universitaire sur l'utilisation des manuels scolaires, pour mesurer l'évolution du "*Curricular role identity*" de 53 futurs enseignants américains du primaire.

Parmi les six études (n^{os} 21, 24, 27, 29, 30, 31) qui rapportent des objectifs liés à l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves, la majorité d'entre elles (n^{os} 21, 24, 27, 29, 30) ont recouru au questionnaire pour recueillir leurs données. Dans la plupart des cas, ces questionnaires ont été administrés auprès des élèves afin de mesurer l'effet de l'utilisation d'une approche pédagogique sur leur compréhension de certains savoirs conceptuels, sur le développement de leurs habiletés de résolution de problème ou sur leurs attitudes comportementales. Pour recueillir des données sur les comportements des élèves, dans deux études (n^{os} 21, 29) on a aussi recouru à l'enregistrement audio et à l'enregistrement vidéo. Enfin, dans une seule étude (n^o 27), les chercheurs ont recouru à des entrevues pour voir comment les élèves interprètent des savoirs conceptuels. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. McCarthy (2005) a utilisé trois types d'évaluation (une évaluation à choix multiples, une évaluation à réponses courtes et une évaluation authentique), toutes les trois administrées en prétest et en posttest, afin de voir l'effet d'une approche pédagogique (*hands-on teaching method*) sur la compréhension d'élèves américains au regard du concept de "matière" par rapport à une approche où l'on a utilisé le manuel scolaire de sciences seulement (*textbook-oriented approach*);
2. Uclo et *et al.* (2005) ont administré un prétest et un posttest auprès de deux groupes d'élèves des Pays-Bas afin de comparer l'effet d'une approche pédagogique (celle liée à l'utilisation du logiciel NatHint) par rapport à l'enseignement traditionnel (approche où l'on utilise le manuel scolaire seulement) sur leurs habiletés à trouver systématiquement des solutions à des problèmes appliqués de physique et sur leur compréhension du concept de "force";

3. McCarthy (2005) a utilisé l'enregistrement vidéo pour recueillir des données sur les comportements d'élèves « *seriously emotionally disturbed* » dans deux classes de sciences d'une école secondaire américaine;
4. Tan (2008) a utilisé l'enregistrement vidéo pour recueillir des données sur les comportements d'élèves de Singapour lors de séances de laboratoire sur la reproduction des plantes;
5. Stylianidou et *et al.* (2002) ont utilisé des entrevues pour voir comment des élèves Anglais interprètent les modèles iconiques (photos, schémas, images) dans certains manuels scolaires de sciences.

3.3 Procédures d'analyse des données

Les procédures d'analyse des données sont énoncées explicitement par les chercheurs dans presque toutes les études. Dans seulement deux études (n^{os} 12, 32), les procédures d'analyse n'ont pas été spécifiées. Le tableau 5 donne un aperçu de la fréquence des études selon les procédures d'analyse des données utilisées par les chercheurs, et ce, pour chacune des catégories d'étude.

Tableau 5 : Procédures d'analyse des données selon les catégories d'étude

Procédures d'analyse des données selon les catégories d'étude ³²	Catégorie 1. Représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies (N)	Catégorie 2. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants (N)	Catégorie 3. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves (N)
---	--	--	---

³² Pour catégoriser les procédures d'analyse des données, nous nous sommes appuyés sur Miles et Huberman (2003). Les descriptions de ces catégories sont présentées à l'annexe 9.

Analyse qualitative	6 (n ^{os} 2, 3, 6, 16, 22 et 33)	4 (n ^{os} 9, 10, 12, 33)	3 (n ^{os} 24, 27, 29)
Analyse quantitative	1 (n ^o 25)		4 (n ^{os} 21, 24, 30, 31)
Analyse mixte	13 de niveau 1 (n ^{os} 1, 4, 5, 7, 8, 13, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 28) 1 de niveau 3 (n ^o 14)	1 de niveau 3 (n ^o 11)	
Non spécifiée	2 (n ^{os} 12, 32)		

Parmi les 22 études qui rapportent des objectifs liés à la représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies, la majorité d'entre elles (14 études parmi les 22; n^{os} 1, 4, 5, 7, 8, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 28) ont recouru à des procédures d'analyse mixte. Presque toutes ces études (13 études parmi les 14; n^{os} 1, 4, 5, 7, 8, 13, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 28) ont recouru à des procédures d'analyse mixte de niveau 1, c'est-à-dire des procédures d'analyse où l'information qualitative est soit comptabilisée directement ou soit convertie sur une échelle de mesure. Par ailleurs, plusieurs d'entre elles (n^{os} 5, 7, 13, 18, 20, 23, 28) comportent des devis qui exigent une analyse qualitative préalable pour créer des catégories qui constituent les dimensions d'une grille qui sert par la suite à l'analyse des manuels scolaires. Après la création des catégories, on détermine la fréquence des unités de sens que l'on retrouve dans les manuels scolaires pour chacune des dimensions de la grille d'analyse ou le nombre de manuels scolaires qui présentent des unités de sens dans ces catégories. Quant aux autres études, elles présentent des devis qui exigent uniquement de quantifier des catégories prédéterminées (n^o 8) ou d'attribuer une cote chiffrée à l'aide de l'échelle de Likert (n^{os} 1, 26). Une seule étude (n^o 14) a recouru à une procédure d'analyse mixte de niveau 3, c'est-à-dire une procédure d'analyse dont le devis est constitué de multiméthodes pour comprendre le phénomène à l'étude. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Sullivan (2008) a recouru à une analyse mixte de niveau 1 : À partir des photographies urbaines de manuels scolaires américains du secondaire qui ont été retenues dans la grille de recueil des données, le chercheur a procédé à une catégorisation de celles-ci. Chaque photographie a d'abord été examinée pour déterminer la caractéristique qui semblait la mieux exprimer ce qu'elle voulait communiquer. Des caractéristiques communes ont été dégagées de manière à catégoriser les photographies dans 14 catégories auxquelles le chercheur a attribué un code. Chacune des photographies a été assignée à un seul code. Par exemple, le code TFC représente la catégorie *Traffic/congestion* qui « *Shows high urban density, particularly vehicular or foot traffic* ». Le chercheur a ensuite effectué une analyse quantitative pour déterminer la fréquence relative des types de photographies pour chacun des manuels et pour l'ensemble des manuels scolaires confondus;
2. Martinez-Gracia *et al.* (2003) ont recouru à une analyse mixte de niveau 1. Après avoir recouru à une analyse qualitative par catégorisation, ils ont appliqué une grille d'analyse à des manuels scolaires espagnols du secondaire de manière à calculer le nombre total de ces manuels de sciences par niveau scolaire (10^e, 11^e et 12^e année) qui satisfont chacune des énoncés et des sous-énoncés de la grille. Par exemple, la question n° 10 : *Is the concept of transgenic organism defined?* amène les auteurs à déterminer que 7 manuels parmi les 13 de 10^e année ont défini le concept d'organisme transgénique, que 10 manuels parmi les 12 manuels de 11^e année ont défini le concept d'organisme transgénique et que les 9 manuels de 12^e année ont défini le concept d'organisme transgénique;
3. Dimopoulos *et al.* (2005) ont recouru à une analyse mixte de niveau 1. Ils ont déterminé la fréquence relative des unités d'analyse identifiées selon 1° les genres (*reports, experimental accounts and historical accounts*) dans certains manuels scolaires de sciences grecs du primaire et du secondaire; 2° les ordres scolaires (primaire et secondaire); 3° les champs scientifiques (biologie, physique et chimie) pour le secondaire;

4. Abd-El-Khalick *et al.* (2008) ont recouru à une analyse mixte de niveau 1. Ils ont évalué 14 manuels scolaires américains de chimie du secondaire en utilisant une grille d'analyse comportant 10 aspects de la nature des sciences. Pour chacun des manuels, tous les extraits en lien avec la même catégorie, soit la nature des sciences, ont été regroupés et les manuels ont été évalués de manière holistique pour chacune des catégories avec l'échelle de Likert allant de -3 à 3 points;
5. Han et Roth (2006) ont recouru à une analyse mixte de niveau 3 qui consistait à utiliser un devis multiméthodes en se basant sur des catégories déjà existantes (Pozzer et Roth, 2003; Roth *et al.*, 1999). Ils ont d'abord catégorisé les différents types de modèles de la matière dans certains manuels de sciences coréens du secondaire, puis ils ont procédé à une analyse quantitative pour déterminer le pourcentage d'extraits correspondant à chacune des catégories (*Photograph, Drawing, Diagram, System, Cartoons, Concept map, Table, Graph, Equation, Mixed*). Par ailleurs, ils ont catégorisé les 182 modèles de la matière dans chacun des manuels selon « *the way in which inscriptions express the shape of the particles, the space where the particles are drawn inside each inscription, the existence of the word "model" in the text or caption* » (p. 183). En outre, les chercheurs ont recouru à une analyse qualitative (analyse sémiotique) de manière à décrire qualitativement les caractéristiques des modèles dans les manuels.

Six études (n^{os} 2, 3, 6, 16, 22 et 33) parmi les 22 ont recouru à des procédures d'analyse qualitative. Il s'agissait dans un premier temps, de repérer et de catégoriser toutes les unités de sens en lien avec les savoirs conceptuels à l'étude, et dans un deuxième temps, d'illustrer, soit à l'aide d'extraits soigneusement sélectionnés ou d'un réseau conceptuel, la manière dont les manuels scolaires abordent ces savoirs conceptuels, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Dans l'étude de Justi et Gilbert (2000), l'analyse consistait à créer des catégories puis à les illustrer à l'aide d'extraits soigneusement choisis par les auteurs. Pour montrer la manière dont certains manuels scolaires brésiliens et coréens du

secondaire ont traité des modèles historiques de l'atome, les auteurs ont recouru à une analyse qualitative. L'analyse des extraits visait plus particulièrement à montrer que les « *textbooks do not make appropriate use of historical models* » (p. 999) et a produit des données qui ont été catégorisées en trois catégories : « *The notion of "model" adopted; The basis for recognizing a "model" of the atom; Change of models of the atom* ». Les auteurs ont cité des extraits des manuels pour illustrer ces trois catégories et leurs sous-catégories respectives;

2. Dans l'étude de Nehm et Young (2008), l'analyse qualitative consistait à montrer les aspects conceptuels retenus par les auteurs de certains manuels scolaires américains de biologie du secondaire pour aborder le concept d'« hormone sexuelle ». Une analyse de contenu a mené à la construction des trois réseaux conceptuels (au sens de Novak et Gowin, 1984) pour montrer les différentes conceptualisations de ce concept dans les manuels scolaires.

Dans une seule étude (n° 25), les chercheurs ont recouru à une analyse quantitative.

Il s'agit de l'étude de Rodriguez et Niaz (2002) où ceux-ci :

Ont comparé 30 anciens manuels scolaires de chimie (1929-1967) avec 23 nouveaux manuels scolaires de chimie (1970-1992) du secondaire au regard de la manière dont l'histoire et la philosophie des sciences (HPS) sont représentées au travers du modèle atomique. Pour ce, les chercheurs les ont évalués en s'appuyant sur huit critères basés sur « l'HPS perspective » (Niaz 1998b) en leur attribuant les cotes S (satisfaisant-2 points), M (mentionné-1 point), N (non mentionné-0 point). Ainsi, tous les manuels ont été évalués sur une échelle de 0 à 16 points. Une évaluation globale de chacun des critères pour l'ensemble des manuels a ensuite été effectuée de manière à comparer le nombre moyen de points attribués aux anciens manuels scolaires avec le nombre moyen de points attribués aux nouveaux manuels scolaires pour chacune des catégories.

Parmi les cinq études qui rapportent des objectifs liés à l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants, la plupart d'entre elles (quatre études parmi les 5 : n^{os} 9, 10, 12, 33) ont recouru à des procédures d'analyse qualitative. Une seule étude (n^o 11) a recouru à des procédures d'analyse mixte de niveau 3. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Forbes et Davis (2008b) ont analysé qualitativement les artefacts (notamment les notes de cours, les journaux de bord et les extraits de discussion en ligne) produits par des futurs enseignants américains du primaire dans le cadre de leur étude afin de décrire la manière dont ils critiquent, modifient et mettent en œuvre des plans de leçon provenant de manuels scolaires. Par ailleurs, les chercheurs ont recouru à une analyse qualitative pour catégoriser les réponses obtenues lors des entrevues semi-structurées qu'ils ont réalisées auprès d'eux à la fin de leur formation initiale, et ce, afin de voir comment ils abordent une tâche d'un manuel scolaire, la critiquent et l'adaptent dans des contextes socioscientifiques. Les catégories de réponses obtenues renvoient entre autres à des dimensions de la recherche scientifique (*effective use of questioning, evidence-based explanations, and communication and justifying findings*) et à d'autres aspects importants des pratiques d'enseignement (*accounting for students' ideas and assessment*). L'analyse qualitative a également permis de dégager les types de « *preservice teachers' informal reasoning about socioscientific issues (SSI)* » (*Rationalistic, Emotive, Intuitive*) pour chacun des enseignants;
2. Forbes et Davis (2008a) ont recouru à une analyse mixte de niveau 3 qui consistait à utiliser un devis multiméthodes pour mesurer l'évolution du "*Curricular role identity*" de futurs enseignants américains du primaire. Il s'agissait dans un premier temps d'analyser qualitativement les artefacts (notamment des notes de cours, des journaux de bord et des extraits de discussion en ligne) produits dans le cadre de l'étude afin de décrire la manière dont les enseignants critiquent, modifient et mettent en œuvre des plans de leçon provenant de manuels scolaires. Dans un deuxième temps, il s'agissait de mesurer quantitativement la conception des futurs

enseignants au regard de leur “*curricular role identity*” au début de l’étude (avant le dispositif de formation) et de mesurer quantitativement le “*curricular role identity*” effectif à la fin de l’étude (après le dispositif de formation) à partir de réponses obtenues à l’aide de questionnaires.

Parmi les six études qui rapportent des objectifs liés à l’usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves, trois d’entre elles (n^{os} 24, 27, 29) ont recouru à des procédures d’analyse qualitative. Ces procédures visaient à décrire le discours des élèves à partir de transcriptions d’entrevues (n^o 24) ou les interactions enseignants-élèves à partir de transcriptions sonores d’enregistrement vidéo en classe (n^o 29). Dans une autre étude (n^o 27), on cherchait à dégager le niveau d’appréciation des élèves au regard de l’utilisation d’une approche pédagogique à partir des réponses obtenus des élèves dans un questionnaire. Quatre études (n^{os} 21, 24, 30, 31)³³ ont recouru à des procédures d’analyse quantitative. Ces dernières visaient à mesurer l’effet d’une approche pédagogique sur l’apprentissage des savoirs disciplinaires ou sur les comportements des élèves à l’aide d’analyses statistiques univariées et multivariées. Aucune d’entre elles n’a recouru à des procédures d’analyse mixte, comme l’illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Tan (2008) a recouru à une analyse qualitative. Après avoir effectué des enregistrements vidéo des séances de laboratoire sur la reproduction des plantes, il a recouru à une analyse qualitative du discours et des pratiques d’enseignement effectives. Après la transcription des bandes audio, toutes les transcriptions ont été étiquetées et examinées de manière à dégager les composantes générales d’une séance de laboratoire. Cette macroperspective des séances a aidé à identifier les phases caractéristiques de chacune des séances de laboratoire et aussi le style général et les normes d’un laboratoire. La question de recherche a guidé la sélection des épisodes retenus pour des analyses plus fines. Pour illustrer les interactions

³³ Dans l’étude n^o 24, les chercheurs recourent à la fois à l’analyse qualitative et à l’analyse quantitative, mais pour mesurer des dimensions mutuellement exclusives de leur objet d’étude. C’est pourquoi les procédures d’analyse des données qu’ils ont utilisées n’ont pas été catégorisées dans la catégorie “procédure d’analyse mixte”.

enseignant-élèves, le chercheur a sélectionné des épisodes. L'analyse des séquences vidéo a été réalisée en complémentarité avec l'analyse des transcriptions;

2. McCarthy (2005) a recouru à des analyses statistiques univariées et multivariées, sur des données obtenus dans des questionnaires (PRE et POST) afin de comparer l'effet d'une approche pédagogique (*hands-on teaching method*) par rapport à l'effet d'une approche d'enseignement traditionnel basé sur le manuel (*textbook-oriented approach*) sur la compréhension d'élèves américains du secondaire au regard du concept de "matière" ainsi que sur leurs comportements;
3. Uclo *et al.* (2005) ont recouru à des analyses statistiques univariées et multivariées afin de comparer l'effet d'une approche pédagogique (utilisation d'un logiciel) par rapport à l'effet d'une approche d'enseignement traditionnel (approche où l'on utilise le manuel scolaire seulement) sur les habiletés d'élèves du secondaire des Pays-Bas à trouver systématiquement des solutions à des problèmes appliqués de physique et sur leur compréhension du concept de "force".

4. LES PRINCIPAUX RÉSULTATS QUI SE DÉGAGENT DES ÉTUDES ANALYSÉES

Dans cette section, nous présenterons les principaux résultats qui se dégagent des études analysées. Ceux-ci sont présentés en cohérence avec les objectifs retenus par les auteurs dans les études analysées. Ainsi, les résultats des études analysées sont ancrés dans les catégories et les sous-catégories des objectifs des études que nous avons présentées précédemment.

4.1 Description des résultats de la catégorie 1 : représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies

La majorité des études (19 études parmi les 33; n^{os} 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 28, 32, 33) ont rapporté des résultats liés à la représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire. Ces résultats concernent plus particulièrement les aspects conceptuels qui ont été abordés au regard de savoirs conceptuels particuliers, aux liens entre les savoirs conceptuels, au niveau de complexité des savoirs conceptuels, à la

validité scientifique des savoirs conceptuels, à l'explicitation des savoirs conceptuels, à la place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique et technologique et aux liens entre les activités d'apprentissage (ou les démarches) et l'appropriation des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires.

Sept études (n^{os} 3, 4, 6, 18, 26, 28, 32), réalisées dans le domaine de la biologie ou de la physique, ont montré que des aspects conceptuels importants reliés à des concepts, des principes, des modèles ou des théories scientifiques sont partiellement ou ne sont pas du tout abordés dans les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Des concepts importants reliés au “magnétisme” ne sont pas abordés dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du primaire (Barrow, 2000);
2. Des concepts de base en écologie comme ceux d’“écosystème” et de “biocommunauté” sont partiellement définis tandis que d’autres comme ceux d’“écosystème” et de “flux d’énergie” sont complètement absents dans certains manuels scolaires de sciences et technologies grecs du primaire (Korfatis *et al.*, 2004);
3. Des concepts clés liés aux processus de photosynthèse et de respiration chez les végétaux ne sont pas du tout évoqués dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire (Stern et Roseman, 2004);
4. Des concepts importants pour expliquer le phénomène des marées ne sont pas du tout pris en compte dans certains manuels scolaires de sciences et technologies finlandais du secondaire (Viiri et Saari, 2004);
5. Les modèles iconiques utilisés pour représenter le système digestif ne réfèrent pas au processus d’absorption des nutriments dans le sang dans certains manuels scolaires de sciences et technologies portugais du primaire (Carvalho *et al.*, 2007);

6. Les modèles iconiques utilisés pour représenter les régions urbaines réfèrent rarement à des principes d'écologie dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire (Sullivan, 2008);
7. Des aspects conceptuels importants reliés à la théorie de la mécanique newtonienne ne sont pas abordés dans certains manuels scolaires de physique brésiliens du secondaire (Assis et Zylbersztajn, 2001).

Dans cinq études (n^{os} 6, 13, 20, 22, 26), principalement réalisées dans le domaine de la biologie, les chercheurs ont souligné l'absence de liens entre les savoirs conceptuels dans les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Les concepts liés à l'ingénierie génétique ne sont pas introduits correctement puisqu'ils ne sont pas reliés aux autres concepts de base de génétique dans certains manuels de sciences et technologies espagnols du secondaire. Par ailleurs, on dénote plusieurs lacunes sur le plan des relations conceptuelles entre la structure et la fonction des gènes lorsqu'on aborde le concept d'"organisme transgénique" (Martinez-Gracia *et al.*, 2003);
2. Il y a un véritable problème sur le plan des relations conceptuelles entre les concepts de "gonades", d'"organes mâles", d'"organes féminins", de "testostérone" et d'"œstrogène" dans certains manuels de biologie américains du secondaire (Nehm et Young, 2008);
3. Les concepts clés en lien avec les transformations de la matière et de l'énergie sont abordés dans des chapitres différents de ceux où l'on traite les concepts de "cellule", d'"organisme" et d'"écosystème" dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire. Par ailleurs, les idées clés relatives à ces concepts sont fréquemment dissimulées au travers d'autres idées non reliées entre elles (Stern et Roseman, 2004);

4. Les modèles iconiques pour représenter le système digestif dans certains manuels scolaires de sciences et technologies portugais du primaire n'établissent pas de lien avec les autres systèmes du corps humain (Carvalho *et al.*, 2007);
5. On présente une vue linéaire et cumulative des théories relatives aux acides et aux bases dans certains manuels de chimie espagnols du secondaire (Furio-Mas *et al.*, 2005).

Si dans les manuels scolaires on dénote souvent une absence de liens entre les savoirs conceptuels, trois études (n^{os} 8, 20, 26) ont démontré que le niveau de complexité des savoirs conceptuels est également problématique du fait qu'il est rarement approprié au niveau scolaire des élèves, et ce, tant au niveau primaire qu'au niveau secondaire. Par ailleurs, le niveau de complexité de savoirs conceptuels varie selon la discipline scientifique considérée. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Dans certains manuels de sciences et technologies grecs du primaire et du secondaire 1° les contenus scientifiques sont hautement spécialisés; 2° le niveau de formalisme lié au langage scientifique est généralement très élevé et varie très peu à l'intérieur et entre les ordres d'enseignement primaire et secondaire; 3° le niveau de complexité des contenus scientifiques et le niveau de formalisme lié au langage scientifique varient selon la discipline scientifique observée (Dimopoulos *et al.*, 2005);
2. On a relevé une profusion de termes techniques complexes liés à l'ingénierie génétique dans certains manuels scolaires de sciences et technologies espagnols du secondaire (Martinez-Gracia *et al.*, 2003);
3. Les modèles utilisés pour représenter des phénomènes biologiques (par exemple, la photosynthèse) dans certains manuels de sciences et technologies américains du secondaire sont trop complexes. (Stern et Roseman, 2004)

Du point de vue de la validité scientifique des savoirs conceptuels présentés dans les manuels scolaires de sciences et technologies, les résultats de quatre études (n^{os} 4, 6, 14, 22)

sont plutôt critiques à cet égard. Tandis que Barrow (2000) et Nehm et Young (2008) ont montré des lacunes importantes sur la manière dont les manuels scolaires conceptualisent des concepts de physique et de biologie, d'autres comme Carvalho *et al.* (2007) et Han et Roth (2006), ont souligné des lacunes importantes au regard des modalités d'expression des modèles en physique et en biologie dans les manuels scolaires. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. On expose des définitions inexactes du concept de “pôle” dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du primaire (Barrow, 2000);
2. La conceptualisation des hormones sexuelles dans certains manuels scolaires de biologie américains du secondaire est fortement en contradiction avec les idées actuelles de la communauté scientifique concernant les fonctions des hormones sexuelles (Nehm et Young, 2008);
3. On constate des lacunes importantes sur les modalités d'expression du système digestif dans certains manuels scolaires de sciences et technologies portugais du primaire, et ce, à différentes époques. À titre d'exemple, les modèles iconiques servant à illustrer le système digestif montrent souvent une masse confuse du petit intestin qui n'est pas reliée de manière évidente à l'estomac et au gros intestin (Carvalho *et al.*, 2007);
4. Le symbolisme utilisé pour représenter les modèles moléculaires dans certains manuels scolaires de sciences et technologies coréens du secondaire est problématique : on dénote des inconsistances importantes sur la manière dont les particules, de même que leurs mouvements sont représentés à l'intérieur d'un même manuel scolaire (Han et Roth, 2006).

Quatre études (n^{os} 2, 5, 14, 26), réalisées dans le domaine de la biologie ou de la physique, ont aussi montré que l'explicitation des savoirs conceptuels pour les élèves et pour les enseignants est parfois déficitaire dans les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. On omet de distinguer l'adaptation considérée comme un processus de changement à court terme de celle considérée comme un processus de changement à long terme (perspective évolutionniste) dans certains manuels scolaires de sciences et technologies du primaire de l'Angleterre (Ashelford, 2002);
2. Les analogies relatives au concept d'«énergie» qui sont proposées dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire ne permettent ni aux élèves de mieux comprendre ce concept, ni aux enseignants de soutenir les élèves par rapport à celui-ci (Stern et Roseman, 2004);
3. Les liens entre les modèles en biologie et les explications textuelles relatives à ces modèles sont problématiques dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire : par la faible ampleur des explications textuelles et des légendes liées aux graphiques, les auteurs des manuels supposent que les élèves possèdent toutes les connaissances requises pour les interpréter (Bowen et Roth, 2002);
4. On accorde une faible importance à l'explicitation des modèles chimiques dans les manuels scolaires de sciences et technologies coréens du secondaire : seulement la moitié des modèles présentés dans les manuels sont accompagnés de légendes et le tiers des modèles sont explicitement associés au texte principal. Par ailleurs, la manière dont les manuels présentent les modèles ne facilite pas la mise en relation entre les modèles et les activités qui y sont proposées (Han et Roth, 2006).

Cinq études (n^{os} 7, 8, 13, 17, 33) se sont intéressées à la place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique et technologique dans les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire. De manière générale, les résultats de ces études montrent que le développement des habiletés de recherche chez les élèves ne semble pas être une préoccupation des auteurs des manuels scolaires et que celui-ci varie selon plusieurs facteurs. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. On présente une vision non problématisée de la science à travers le concept d'“hydrolyse” et les théories scientifiques d'Arrhenius et de Brönsted dans certains manuels scolaires de chimie espagnols du secondaire (Furio-Mas *et al.*, 2005);
2. On met davantage l'accent sur les savoirs conceptuels (concepts, modèles, lois et théories) que sur les processus (méthodes, démarches, etc.) dans les manuels scolaires de sciences et technologies norvégiens du secondaire (Knain, 2001);
3. Les activités de laboratoire proposées dans certains manuels scolaires de sciences et technologie chinois du secondaire ne favorisent pas le développement des habiletés de recherche chez les élèves. Les démarches scientifiques proposées sont séquentielles et fermées : elles offrent très peu d'occasions aux élèves de formuler des hypothèses, de construire et de valider des scénarios d'investigation et de les mettre en œuvre afin qu'ils puissent tirer leurs propres conclusions (Yip, 2006);
4. Dans les études qui portent sur des manuels scolaires de sciences et technologies grecs et états-uniens et qui se sont intéressées à cette question, les résultats montrent que la place accordée à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche et des démarches à caractère scientifique et technologique peut varier selon les manuels scolaires, les chapitres des manuels, les sujets scientifiques abordés, la discipline scientifique ou les époques considérées (Chiappetta et Fillman, 2007; Dimopoulos *et al.*, 2005).

Trois études (n^{os} 5, 8, 26), réalisées dans les domaines de la biologie, de la chimie ou de la physique, ont montré que les auteurs des manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire se préoccupent très peu du lien important entre les activités d'apprentissage (ou les démarches à caractère scientifique) et l'appropriation des savoirs conceptuels chez les élèves. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. L'importance de proposer une activité d'investigation en lien avec des concepts clés reliés au magnétisme est très variable d'un manuel scolaire selon une étude qui a porté sur des manuels de sciences et technologies américains du primaire : tandis

que certains manuels proposent des activités d'investigation qui permettent de construire un nombre important de concepts clés reliés au magnétisme chez les élèves, d'autres ignorent complètement le lien entre les activités d'investigation et les concepts à l'étude (Barrow, 2000);

2. Plusieurs concepts scientifiques de physique, de biologie et de chimie sont introduits principalement par les biais de la lecture plutôt que par les démarches à caractère scientifique dans les manuels scolaires de sciences et technologies grecs du primaire (Dimopoulos *et al.*, 2005);
3. On propose un nombre insuffisant d'activités d'apprentissage pour amener les élèves à s'appropriier les concepts clés en lien avec la matière et les transformations d'énergie chez les êtres vivants dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire. Par ailleurs, si plusieurs des activités proposées permettent aux élèves de manipuler, elles ne mettent pas l'accent sur les concepts clés à l'étude. Autrement dit, les manuels scolaires ignorent le lien important entre les démarches scientifiques et l'appropriation des concepts (Stern et Roseman, 2004).

Cinq études (n^{os} 5, 7, 13, 18, 20), réalisées principalement dans le domaine de la biologie ou de la chimie, se sont préoccupées de la question du savoir en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école. Comme l'illustrent les exemples de résultats suivants, ni la "contextualisation" comme moyen facilitant l'acquisition des savoirs par les élèves, ni la "contextualisation" comme lieu de mobilisation des savoirs scientifiques n'est exploitée dans les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Les modèles scientifiques sont généralement présentés de manière "décontextualisée" et sont très peu reliés aux expériences des élèves dans certains manuels scolaires de biologie canadiens et américains du secondaire (Bowen et Roth, 2002);

2. Les activités d'apprentissage proposées dans les manuels scolaires de sciences et technologies grecs du primaire ne permettent pas aux élèves de s'approprier les concepts d'écologie faisant partie de leur environnement immédiat (Korfatis *et al.*, 2004);
3. Les exemples choisis par les auteurs de quelques manuels de sciences et technologies espagnols du secondaire pour illustrer des applications de la génétique dans la vie courante ne concernent pas l'environnement immédiat des élèves (Martinez-Gracia *et al.*, 2003);
4. On ne prend pas en compte les relations entre les sciences, la société et la technologie dans certains manuels scolaires de chimie espagnols du secondaire (Furio-Mas *et al.*, 2005);
5. La prise en compte des relations entre les sciences, la société et la technologie varie selon les chapitres ou les sujets scientifiques abordés dans quelques manuels américains de biologie du secondaire : elle peut être fortement prise en compte dans certains chapitres ou au cœur de certains sujets scientifiques et pas du tout dans certains cas (Chiappetta et Fillman, 2007).

Neuf études (n^{os} 1, 7, 12, 14, 15, 16, 17, 25, 26) se sont intéressées à la représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques dans les manuels scolaires de sciences et technologies du primaire et du secondaire. Ces études ont dévoilé que les manuels scolaires véhiculent des représentations naïves des savoirs scientifiques et technologiques, plus particulièrement sur le sens qu'ils attribuent aux savoirs disciplinaires, sur la représentation de l'évolution sociohistorique des savoirs conceptuels et sur la vision qu'ils ont de l'activité scientifique.

Parmi ces neuf études, cinq d'entre elles (n^{os} 1, 14, 15, 16, 17) ont démontré des lacunes importantes quant au sens accordé aux savoirs conceptuels et aux savoirs procéduraux dans les manuels scolaires des sciences et technologies du secondaire. Sur le plan des savoirs conceptuels, les exemples de résultats suivants montrent que :

1. Certains manuels scolaires de sciences et technologies anglais, australiens, brésiliens et coréens du secondaire ne donnent aucune idée de la nature, du rôle et des limites des modèles scientifiques (Han et Roth, 2006; Harrison, 2001; Justi et Gilbert, 2000);
2. Le sens de la notion de modèle est présenté de manière confuse à l'intérieur de certains manuels scolaires de sciences et technologies anglais et brésiliens du secondaire. Par exemple, on ne distingue pas clairement les modèles des théories (Justi et Gilbert, 2000);
3. Le sens de la notion de modèle est présenté de manière incohérente à l'intérieur de certains manuels scolaires de sciences et technologies coréens du secondaire (Han et Roth, 2006);
4. Quelques-uns de ces manuels scolaires de sciences et technologies anglais, brésiliens et australiens du secondaire donnent une fausse interprétation ou limitent le sens accordé à la notion de modèle (Harrison, 2001; Justi et Gilbert, 2000);
5. Certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire de différentes époques présentent des lacunes importantes sur le sens attribué aux lois et aux théories scientifiques (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008).

Sur le plan des savoirs procéduraux, les exemples de résultats suivants démontrent que :

1. Certains manuels scolaires de sciences et technologies américains et norvégiens du secondaire soutiennent le mythe de l'existence d'une démarche scientifique stéréotypée et unique (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008; Knain, 2001);
2. Certains manuels scolaires de sciences et technologies anglais, brésiliens et australiens du secondaire donnent une mauvaise interprétation ou ne discutent pas du tout des processus de modélisation (Harrison, 2001; Justi et Gilbert, 2000).

Du point de vue de l'évolution sociohistorique des savoirs conceptuels, les résultats de quatre études (n^{os} 1, 16, 19, 25), réalisées plus particulièrement dans le domaine de la

chimie ou de la physique, sont tout aussi éloquents. Une faible importance est accordée à cette dimension des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques dans les manuels scolaires des sciences et technologies du secondaire. Les savoirs conceptuels sont considérés comme des faits ou des vérités absolues. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. La dimension sociohistorique liée à la construction des savoirs conceptuels en chimie n'est pas intégrée dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains du secondaire. Plutôt que de considérer les savoirs comme des construits, ceux-ci sont davantage considérés comme des faits ou des vérités absolues (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008);
2. Les fondements théoriques sur lesquels les modèles atomiques (plus particulièrement les anciens modèles grecs et les modèles de Dalton, de Thomson, de Rutherford et de Bohr) ont été construits ne sont pas clairement expliqués dans certains manuels scolaires de sciences et technologies américains, anglais et brésiliens du secondaire. Lorsque les auteurs introduisent un nouveau modèle atomique, celui-ci n'est pas présenté comme un objet qui réfute le modèle qui le précède, mais plutôt comme l'accumulation d'un fait scientifique. Dans ces manuels, on dénote également une absence de discussion relative à la compétition entre les programmes de recherche associés à la construction de modèles successifs. On préfère mettre l'accent sur des aspects superficiels comme le nom des personnes qui les ont découverts ou les dates de leur découverte (Justi et Gilbert, 2000; Rodriguez et Niaz, 2002);
3. L'évolution sociohistorique des savoirs conceptuels occupe une place secondaire dans les manuels scolaires de physique portugais du secondaire : les sections qui visent à présenter l'évolution sociohistorique des concepts sont désignées comme étant des sections facultatives des manuels (Leite, 2002).

Il semble également que l'importance de donner aux élèves une idée de l'activité scientifique ne soit pas toujours une préoccupation des auteurs de manuels scolaires de sciences et technologies du secondaire. Deux études (n^{os} 1, 13), réalisées dans le domaine

de la chimie, ont dévoilé que les manuels scolaires ignorent complètement ou présentent une mauvaise conception de cette dimension des savoirs scientifiques et technologiques. Une autre étude (n° 7), réalisée dans le domaine de la biologie, a cependant souligné que cette dimension était davantage prise en compte dans les manuels scolaires les plus récents. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Les dimensions sociales et culturelles de la science et de l'entreprise scientifique ne sont pas intégrées dans certains manuels scolaires de chimie américains du secondaire (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008);
2. On présente une vision déformée de l'activité scientifique dans certains manuels scolaires de chimie espagnols du secondaire (Furio-Mas *et al.*, 2005);
3. On a noté des résultats plutôt prometteurs sur la vision qu'ont les auteurs de certains manuels scolaires de biologie américains du secondaire au regard de l'activité scientifique : plutôt que de mettre l'accent sur une description abondante de faits, de concepts, de principes et des théories en biologie comme c'était le cas dans les manuels scolaires il y a une quinzaine d'années, les auteurs des manuels scolaires récents de biologie tentent de faire comprendre aux élèves : comment les scientifiques pensent ou réalisent leurs expériences, la nature des débats qui se posent dans la communauté scientifique, les événements fortuits et souvent désordonnés qui ont conduit à notre compréhension actuelle de la biologie, etc. (Chiappetta et Fillman, 2007).

4.2 Description des résultats de la catégorie 2 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants

Cinq études (n°s 9, 10, 11, 12, 33) se sont intéressées à l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants. Ces études ont abordé l'une ou l'autre des dimensions suivantes : le lien entre l'usage des manuels scolaires par les enseignants et la construction de l'identité professionnelle pour l'enseignement des sciences, la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les activités d'apprentissage

dans les manuels scolaires, les facteurs qui influencent la manière dont les enseignants critiquent et adaptent les manuels scolaires et les effets des manuels scolaires sur l'enseignement des savoirs disciplinaires.

Parmi les cinq études qui se sont intéressées à l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants, deux d'entre elles (n^{os} 11 et 12) ont examiné la construction de l'identité professionnelle de futurs enseignants américains du primaire pour l'enseignement des sciences. Ces études de nature descriptive rapportent, d'une part, les points de vue des enseignants sur la place qu'occupent les manuels scolaires pour l'enseignement et l'apprentissage des objets disciplinaires en sciences et technologies et, d'autre part, les retombées positives d'un cours en formation initiale sur le développement des compétences professionnelles des enseignants pour l'enseignement des objets disciplinaires à travers l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Puisque la connaissance de la matière constitue une préoccupation majeure des futurs enseignants américains du primaire et que la plupart d'entre eux reconnaissent leurs limites sur le plan de la compréhension qu'ils ont au regard de concepts scientifiques particuliers, ceux-ci affirment que les manuels scolaires de sciences et technologies sont des ressources essentielles pour soutenir l'enseignement et l'apprentissage des contenus disciplinaires (Forbes et Davis, 2008a);
2. Selon les futurs enseignants américains du primaire, les manuels scolaires de sciences et technologies contribuent davantage au développement professionnel des enseignants dans la mesure où ceux-ci sont appelés à utiliser de nouveaux matériels (comme c'est le cas, par exemple, lors de l'implantation de nouveaux programmes de sciences) ou à enseigner de nouveaux contenus disciplinaires (Forbes et Davis, 2008a);
3. Au terme d'un semestre universitaire, la compétence des futurs enseignants américains du primaire à favoriser la recherche scientifique à travers l'utilisation

des manuels scolaires de sciences et technologies s'est développée de façon significative : ceux-ci étaient devenus aussi habiles que des enseignants expérimentés pour recourir au questionnement dans le but de sonder et de prendre en compte les idées de leurs élèves, pour leur faire construire des explications scientifiques et pour les engager dans des démarches d'investigation (Forbes et Davis, 2008a);

4. Au terme d'un cours universitaire, certains futurs enseignants américains du primaire étaient davantage en mesure d'adapter une activité proposée dans un manuel scolaire de sciences et technologies de manière à ce qu'elle favorise la prise en compte des idées des élèves (Forbes et Davis, 2008b);
5. Au terme d'un semestre universitaire, la compétence des futurs enseignants américains du primaire à prendre en compte les facteurs contextuels de la classe à travers l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies s'est développée de façon significative (Forbes et Davis, 2008a);
6. Au terme d'un semestre universitaire, la compétence des futurs enseignants américains du primaire à exploiter les manuels scolaires de manière à s'appropriier des contenus disciplinaires à travers l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies s'est développée de façon significative (Forbes et Davis, 2008a).

Les résultats de trois études (n^{os} 9, 12, 33) ont démontré que les aspects sur lesquels les enseignants critiquent et adaptent les activités proposées dans les manuels de sciences et technologies renvoient principalement à la prise en compte des idées des élèves, à la mise en relation des savoirs disciplinaires avec les problématiques de la vie quotidienne, à la cohérence entre les objectifs énoncés par les auteurs au regard des activités d'apprentissage et les objectifs des programmes d'étude et au développement des habiletés de recherche chez les élèves. Par ailleurs, dans une étude (n^o 12), on note un recours important à des approches pédagogiques comme moyen d'adaptation des activités d'apprentissage proposées dans les manuels scolaires de sciences et technologies. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. L'adaptation des activités d'apprentissage dans les manuels scolaires de sciences et technologies de manière à mieux prendre en compte les idées des élèves est une préoccupation que disent partager certains futurs enseignants américains du primaire (Forbes et Davis, 2008*b*);
2. L'adaptation des activités d'apprentissage de façon à mettre davantage en relation les savoirs disciplinaires avec les problématiques de la vie quotidienne est une préoccupation que partagent certains futurs enseignants américains du primaire : ils insistent sur le fait que les concepts scientifiques abordés dans la classe de sciences soient davantage reliés aux phénomènes et aux expériences des élèves en dehors de la classe (Forbes et Davis, 2008*b*);
3. Certains futurs enseignants américains du primaire s'attribuent la responsabilité de s'assurer de la cohérence entre les objectifs énoncés par les auteurs dans les activités d'apprentissage proposées dans les manuels scolaires et les objectifs des programmes d'étude (notamment ceux qui concernent les savoirs disciplinaires). À cet égard, l'adaptation des activités d'apprentissage par les enseignants est souvent motivée par l'harmonisation des objectifs des auteurs des manuels scolaires avec ceux des programmes d'étude (Forbes et Davis, 2008*b*);
4. L'adaptation des activités d'apprentissage proposées dans un manuel de sciences et technologies américains par un enseignant du primaire visait à favoriser le développement des habiletés de recherche chez les élèves. Plus particulièrement, l'enseignant a adapté une activité pour aider les élèves à schématiser un phénomène scientifique (Enfield *et al.*, 2008);
5. Certains enseignants de sciences du secondaire reconnaissent les limites des démarches d'investigation proposées dans les activités d'apprentissage des manuels scolaires de sciences chinois du secondaire, du fait qu'elles sont présentées selon une approche de "découverte guidée". À cet égard, ces enseignants ont proposé des modalités d'adaptation de façon à leur conférer un caractère plus constructiviste (Yip, 2006);
6. Pour favoriser l'apprentissage des savoirs disciplinaires, des futurs enseignants américains du primaire ont utilisé des approches pédagogiques comme moyen

d'adaptation des activités d'apprentissage dans les manuels scolaires de sciences et technologies. Ces moyens complémentaires aux propositions des manuels scolaires renvoient notamment à la recherche documentaire, à la rédaction d'un journal de bord et au débat de classe. Les enseignants justifient le recours à ces moyens pour :

- 1° approfondir la compréhension des savoirs conceptuels chez les élèves;
- 2° favoriser le partage de leurs points de vue sur des idées scientifiques;
- 3° aider les élèves à communiquer et à confronter leurs idées et à développer une culture de recherche (Forbes et Davis, 2008*b*).

Dans deux études (n^{os} 11 et 12), on a souligné certains facteurs qui influencent la manière dont les futurs enseignants américains du primaire critiquent et adaptent les activités d'apprentissage proposées dans les manuels scolaires de sciences et technologies. Ces facteurs renvoient notamment à la nature des raisonnements des enseignants, à leur compréhension de la matière et aux contextes d'enseignement-apprentissage dans lesquels ils interviennent. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. La nature des raisonnements des enseignants, notamment à propos des contenus scientifiques, constitue l'un des principaux facteurs qui influence la capacité des enseignants à critiquer et à adapter les activités proposées dans les manuels de sciences et technologies (Forbes et Davis, 2008*b*);
2. Les futurs enseignants sont fortement préoccupés par leur manque de connaissances sur les contenus scientifiques qu'ils doivent aborder avec leurs élèves. La compréhension qu'ont les enseignants de la matière à enseigner (*teachers' subject-matter knowledge*), plus particulièrement sur le plan des savoirs conceptuels concernés dans les activités d'apprentissage, constitue un facteur personnel qui agit sur la capacité des enseignants à critiquer et à adapter les activités proposées dans les manuels scolaires de sciences (Forbes et Davis, 2008*b*);
3. On constate que la faible compréhension des enseignants sur le plan des contenus scientifiques a comme conséquence de limiter les possibilités d'adaptation des activités d'apprentissage dans les manuels scolaires de sciences et technologies : les

enseignants sont en mesure de critiquer et de modifier les activités seulement sur les aspects qu'ils maîtrisent (Forbes et Davis, 2008*b*);

4. Des facteurs de nature contextuelle influencent la manière dont les futurs enseignants du primaire critiquent et adaptent les activités d'apprentissage proposées dans les manuels scolaires de sciences et technologies (Forbes et Davis, 2008*a*).

Par leur manière d'aborder les contenus disciplinaires, deux études (n^{os} 9 et 10) ont dévoilé que les manuels scolaires de sciences et technologies influencent les enseignements et les apprentissages qui se déroulent dans les classes de sciences. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Lors d'une séquence d'enseignement en laboratoire dans une école secondaire américaine qui a porté sur des savoirs conceptuels liés aux acides et aux bases, un enseignant s'est basé principalement sur les idées véhiculées dans le manuel scolaire pour valider la compréhension des élèves au regard de ces savoirs conceptuels (Erduran, 2003);
2. Lorsque les manuels scolaires proposent des activités d'apprentissage dont les intentions et le rôle visent explicitement le développement des habiletés de recherche chez les élèves, les enseignants ont davantage de chance de favoriser leur développement chez les élèves. C'est du moins ce qu'ont montré les résultats d'une étude comparative réalisée dans une classe du primaire aux États-Unis (Enfield *et al.*, 2008);
3. Même si les manuels scolaires proposent aux élèves des activités d'apprentissage qui leur permettent de développer des habiletés de recherche, il arrive que celles-ci ne soient pas priorisées par les enseignants. C'est le cas, par exemple, d'une section d'un manuel où l'on propose une série de petites activités où l'on amène graduellement les élèves à s'approprier le concept de "photosynthèse" par la lecture et l'écriture et où, au terme de ces activités, on propose aux élèves d'élaborer et de mettre en œuvre un protocole de laboratoire pour voir les effets de la lumière sur la

croissance des plantes. L'enseignant qui décide de ne pas engager ses élèves dans cette dernière activité ne leur offre pas l'occasion de développer leurs habiletés de recherche requises pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'investigation (Enfield *et al.*, 2008).

4.3 Description des résultats de la catégorie 3 : usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves

Six études (n^{os} 21, 24, 27, 29, 30, 31) se sont intéressées au lien entre l'usage des manuels scolaires et l'apprentissage chez les élèves. Les résultats de ces études se rapportent principalement aux effets des manuels scolaires sur l'apprentissage des savoirs conceptuels chez les élèves et aux effets de l'utilisation d'approches pédagogiques sur l'apprentissage des savoirs disciplinaires chez les élèves. Deux d'entre elles (n^{os} 21 et 30) ont également abordé la question du lien entre l'usage des manuels scolaires et les attitudes comportementales des élèves.

Les résultats de deux études (n^{os} 27 et 29) ont montré qu'il ne faut pas négliger les effets des manuels scolaires sur l'apprentissage des savoirs conceptuels chez les élèves. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Le manque d'informations textuelles et visuelles et les ambiguïtés entre différents modes de représentation pour illustrer le concept d'"énergie" dans certains manuels scolaires de sciences et technologies anglais du secondaire ont limité considérablement la compréhension des élèves au regard de ce concept (Stylianidou *et al.* 2002);
2. Quand les représentations des élèves au regard de certains savoirs conceptuels diffèrent de celles proposées dans certains manuels scolaires de sciences et technologies du secondaire de Singapour, plutôt que de s'interroger sur ces écarts, les élèves ont tendance à s'appropriier les idées proposées dans les manuels. Ainsi, la tendance à proposer des généralisations abusives de la science dans certains

manuels scolaires limite considérablement l'apprentissage des savoirs conceptuels chez les élèves (Tan 2008).

Quant aux quatre autres études (n^{os} 21, 24, 30, 31), elles ont montré les effets de l'utilisation d'approches pédagogiques sur l'apprentissage des savoirs disciplinaires chez les élèves. En comparant les effets de ces approches pédagogiques par rapport à ceux de l'enseignement traditionnel (approche que les auteurs rattachent à l'utilisation des manuels scolaires seulement) sur les apprentissages disciplinaires, les résultats de ces études montrent, de manière générale, des apports importants concernant l'utilisation d'approches pédagogiques pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Les approches pédagogiques "*Thematic-Based*" et "*Hands-On Science*"³⁴ se sont avérées considérablement plus efficaces que l'enseignement traditionnel sur l'apprentissage des savoirs conceptuels chez des élèves américains du secondaire démontrant de sérieux troubles socioaffectifs. Au terme d'une séquence d'enseignement, les élèves qui ont bénéficié de ces approches se sont davantage approprié les concepts liés aux changements chimiques de la matière. Par ailleurs, ces approches se sont également montrées beaucoup plus efficaces que l'enseignement traditionnel pour amener les élèves à modifier leurs mauvaises conceptions des concepts scientifiques en jeu, d'une part, et à développer des habiletés de recherche, d'autre part (McCarthy, 2005);
2. L'approche pédagogique "*active learning*"³⁵ s'est avérée plus efficace que l'enseignement traditionnel³⁶ sur l'apprentissage des savoirs disciplinaires. Au

34 Dans l'approche « Hands-On Science », les élèves ont eu l'occasion de manipuler des faits scientifiques (points d'ébullition et de congélation) contrairement à l'enseignement traditionnel où l'on a demandé aux élèves de faire la lecture de passages dans le manuels scolaires et où les élèves n'ont rien retenu.

35 L'approche *active learning* est celle où l'on a privilégié l'engagement des élèves dans des activités de laboratoire.

36 Ici, l'enseignement traditionnel est celui où l'on a privilégié la lecture, les devoirs et les feuilles de travail. Dans cette approche, les concepts, les faits, les lois, les théories, les applications et l'utilisation des activités de laboratoire sont davantage mobilisés dans des exercices de vérification ou dans des applications secondaires lorsque les concepts ont été préalablement couverts en classe.

terme d'une séquence d'enseignement qui a engagé des élèves d'une école secondaire américaine dans des activités de laboratoire, les élèves ont démontré une meilleure performance que lorsqu'ils ont suivi un enseignement traditionnel, et ce, tant sur le plan de l'appropriation des savoirs conceptuels (savoirs en lien avec la structure et les fonctions des cellules, l'ADN, les bactéries, etc.) que sur le développement des habiletés de recherche ou du raisonnement critique. Au terme de cette séquence d'enseignement, les élèves ont également affirmé avoir eu davantage l'occasion de développer des habiletés de recherche de laboratoire dans l'approche "*active learning*" (Taraban *et al.*, 2007);

3. L'utilisation du logiciel de simulation GIS (Geographic Information Systems), comme approche pédagogique, s'est avérée plus efficace que l'enseignement traditionnel sur l'apprentissage des concepts de "plaque tectonique", de "séisme" et de "volcan" chez des élèves américains du primaire. Après avoir utilisé le logiciel, les élèves ont démontré une meilleure compréhension sur le plan des relations conceptuelles entre ces concepts par rapport aux élèves qui ont reçu un enseignement à l'aide du manuel scolaire seulement. En outre, cette approche pédagogique s'est avérée plus efficace pour l'apprentissage des concepts dans la mesure où l'enseignant en avait une expérience préalable (Purcell *et al.*, 2006);
4. L'utilisation du logiciel NatHint, comme approche pédagogique, s'est avérée légèrement plus efficace que l'enseignement traditionnel pour l'apprentissage du concept de "force" (force résultante, composante des forces, première et deuxième lois de Newton sur les forces, torque) chez des élèves du secondaire des Pays-bas. Cependant, l'utilisation du logiciel NatHint a permis aux élèves de mobiliser davantage leurs habiletés à analyser des problèmes, à planifier et à exécuter une démarche de résolution par rapport à l'enseignement traditionnel (Uclo *et al.*, 2005).

L'étude de McCarthy (2005) et de Taraban *et al.* (2007) ont aussi montré des effets bénéfiques sur l'utilisation des approches pédagogiques "*thematic-based*", "*hands-On science*" et "*active learning*" par rapport à l'enseignement traditionnel où l'on utilise le

manuel scolaire sur les attitudes comportementales des élèves seulement. En effet, comme l'illustrent les exemples de résultats suivants :

1. Les approches pédagogiques "*thematic-based*" et "*hands-On science*" se sont avérées légèrement plus efficaces que l'enseignement traditionnel : les élèves qui ont été engagés dans des "*hands-on condition*" ont été plus attentifs et plus activement engagés dans les discussions et les "*hands-on activities*" contrairement à ceux qui ont été engagés dans des tâches où l'on demandait aux élèves seulement de lire et de répondre à des questions (McCarthy, 2005);
2. L'approche pédagogique "*active learning*" s'est avérée plus efficace que l'enseignement traditionnel sur le plan des attitudes comportementales des élèves : lors des activités de laboratoire, les élèves étaient beaucoup plus enthousiastes à s'engager dans des activités de recherche que lorsqu'ils étaient placés dans un contexte d'enseignement traditionnel (Taraban *et al.*, 2007).

CINQUIÈME CHAPITRE : LA DISCUSSION DES RÉSULTATS

Dans ce chapitre, il s'agit de faire ressortir de manière globale les principaux résultats que nous avons dégagés au regard des quatre objectifs de notre recherche et de les discuter à la lumière des éléments qui structurent notre problématique et notre cadre conceptuel. Au terme de ce chapitre, nous présenterons les limites de notre recherche.

1. LES OBJECTIFS RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES

Les résultats qui portent sur les objectifs des études montrent qu'une très faible proportion des études considère les manuels scolaires comme outil dans le contexte de leur usage par les enseignants et les élèves. La majorité d'entre elles considère les manuels scolaires comme un objet de recherche, qui « véhicule une conception du savoir, une manière de considérer l'enseignement et l'apprentissage, une vision du monde, etc. » (Hasni *et al.*, 2009b, p. 86).

La première composante des savoirs disciplinaires, soit celle qui renvoie aux savoirs qui composent la structure disciplinaire, constitue l'objet de recherche de la majorité des études qui rapportent des objectifs liés à la représentation des savoirs dans les manuels scolaires de sciences et technologies. Plus précisément, les chercheurs sont très préoccupés par 1° les aspects conceptuels retenus par les auteurs des manuels scolaires pour aborder des savoirs conceptuels particuliers; 2° les liens entre les savoirs conceptuels à l'intérieur d'une même discipline scientifique; 3° la validité scientifique des savoirs conceptuels abordés dans les manuels scolaires. Il s'avère que la place accordée au développement des habiletés de recherche chez les élèves et le lien entre les démarches à caractère scientifique et l'acquisition des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires ont été très peu considérés dans les études analysées.

Si une faible proportion des études de notre échantillon rapporte des objectifs liés à la représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école, nous avons tout de même recensé une proportion non négligeable d'études qui s'intéressent à la représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques dans les manuels scolaires de sciences et technologies. Ces dernières se sont particulièrement intéressées au sens que les auteurs des manuels scolaires attribuent aux savoirs disciplinaires.

2. LES CADRES DE RÉFÉRENCE RETENUS PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES

Les résultats qui portent sur les cadres de référence des études montrent que la majorité des études présentent des cadres de référence construits autour des savoirs disciplinaires, avec un accent mis sur les savoirs conceptuels, plus particulièrement sur les concepts et les modèles. S'il n'est pas étonnant de voir que les cadres conceptuels ne font pas beaucoup référence aux lois et aux théories scientifiques puisque la grande majorité des programmes de sciences et technologies du primaire et du secondaire de pays de l'OCDE mettent davantage l'accent sur les notions de concept, de modèle, de conceptualisation et de modélisation, il est tout de même étonnant de constater que les savoirs procéduraux (comme les habiletés de recherche manuelle ou intellectuelle et les démarches à caractère scientifique) sont souvent mis en arrière-plan ou sont complètement ignorés dans les cadres de référence des études analysées. Pourtant, les savoirs procéduraux doivent être au cœur des apprentissages disciplinaires de tous les élèves du primaire et du secondaire (Hasni *et al.*, 2009).

Lorsque nous considérons les études qui présentent des cadres de référence basés sur des approches pédagogiques pour favoriser les apprentissages disciplinaires chez les élèves, nous constatons que les auteurs de ces études ont tendance à exposer une dualité entre les approches pédagogiques concernées et les approches d'enseignement basées exclusivement sur l'utilisation des manuels scolaires en classe; approches que les auteurs réfèrent à l'enseignement traditionnel. Par ailleurs, nous observons une prédominance de

cadres de référence basés sur des approches pédagogiques propres aux sciences et aux technologies, par exemple les *hands-on approaches* ou les *laboratory-based instructions* pour ne citer que celles-ci. Très peu d'études présentent des cadres de référence basés sur des approches pédagogiques liées à des applications informatiques (logiciel ou sites Internet).

Quant aux études dont les cadres de référence sont basés sur des concepts ou des théories en éducation, il est étonnant de voir que la plupart d'entre elles sont constituées de cadres de référence autour de concepts ou de théories issus de domaines autres que celui de l'éducation scientifique. C'est le cas, par exemple, de Knain (2001) qui s'est appuyé sur la grammaire fonctionnelle d'Halliday (Halliday, 1994; Halliday et Hasan, 1989) du domaine des lettres pour analyser les idéologies dans les manuels scolaires de sciences et technologies.

3. LES MÉTHODOLOGIES RETENUES PAR LES AUTEURS DANS LES ÉTUDES ANALYSÉES

Les résultats qui portent sur les méthodologies des études montrent que c'est l'échantillonnage par choix raisonné qui est le plus souvent utilisé par les chercheurs pour construire leur échantillon, et ce, pour les trois catégories d'étude. Ainsi, la principale stratégie d'échantillonnage des études repose sur le choix raisonné des chercheurs pour construire leur échantillon en fonction des caractères typiques des objets (manuels scolaires) ou des sujets (enseignants ou élèves) concernés.

Du point de vue des procédures de recueil des données, les études qui rapportent des objectifs liés à la représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires des sciences et technologies montrent qu'une seule procédure a été utilisée, soit celle du recueil à l'aide d'une grille de collecte des données. Pour recueillir des données au regard des modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants, les chercheurs recourent le plus souvent aux entrevues et à la collecte d'artefacts. Du côté des études où les chercheurs se sont intéressés à comparer les effets d'une approche-pédagogique par rapport

à une approche d'enseignement traditionnelle pour l'appropriation de savoirs conceptuels chez les élèves, les chercheurs recourent principalement au questionnaire.

Sur le plan des procédures d'analyse des données, l'analyse mixte de niveau 1 est celle qui est généralement utilisée pour les études qui rapportent des objectifs liés à la représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies. Pour analyser les données au regard des modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants, les chercheurs recourent principalement à l'analyse qualitative. Du côté des études où les chercheurs se sont intéressés à comparer les effets d'un moyen pédagogique par rapport à une approche d'enseignement traditionnelle pour l'appropriation de savoirs conceptuels chez les élèves, les chercheurs recourent principalement à des analyses statistiques quantitatives univariées et multivariées.

4. LES PRINCIPAUX RÉSULTATS QUI SE DÉGAGENT DES ÉTUDES ANALYSÉES

Les résultats des études qui considèrent le manuel scolaire comme objet de recherche sont très critiques au regard de la manière dont les manuels scolaires de sciences et technologies proposent d'aborder les trois catégories de savoirs disciplinaires.

Sur le plan des savoirs qui composent la structure disciplinaire, nous constatons que lorsque les auteurs abordent des savoirs conceptuels particuliers, ils mettent davantage l'accent sur des aspects secondaires de ces savoirs ou omettent d'aborder des concepts importants auxquels ils sont reliés. Il semble qu'on ne voit pas la pertinence d'aborder les savoirs conceptuels par les attributs essentiels qui les caractérisent. Or Barth (1987) souligne que l'apprentissage d'un concept nécessite « la capacité de discerner des attributs, de sélectionner ce qu'on retient » (p. 21) et lorsque l'on « veut désigner un objet dans le but de l'identifier, de déterminer son appartenance à une classe, l'attribut doit référer plutôt aux caractéristiques qui permettent de le classer dans une catégorie fondamentale; ce sont les attributs essentiels. » (*Ibid.*, p. 21).

L'absence de liens entre les savoirs conceptuels, d'une même discipline scientifique, dans les manuels scolaires laisse présager que les auteurs de ces manuels se préoccupent peu de la qualité des interrelations conceptuelles. La prise en compte de la cohérence horizontale des savoirs dans les manuels scolaires analysés n'est donc pas mieux assurée que dans les manuels scolaires québécois. Pourtant, les concepts ne sont pas des entités isolées en soi. Ils sont des nœuds qui s'inscrivent dans un réseau de relations avec d'autres concepts comme le soulignent Astolfi et Develay (2002). De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996) insistent sur l'importance d'amener les élèves à construire des liens entre les savoirs afin qu'ils puissent en avoir une véritable compréhension et être utiles dans la vie réelle : « Construire des liens, c'est comprendre » (p. 139) et « les liens qui se tisseront entre les connaissances (les mises en relation) permettront à ces dernières d'exister en tant que savoirs utilisables. » (*Ibid.*, p. 139). Comment les manuels scolaires peuvent-ils amener les élèves à comprendre des savoirs conceptuels si ceux-ci sont présentés de manière isolée?

De même, le niveau de complexité trop élevé des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires de sciences et technologies analysés ailleurs dans le monde démontre que la cohérence verticale des savoirs dans ces manuels n'est pas mieux assurée que dans ceux du Québec. Comme les savoirs conceptuels peuvent être définis avec des degrés de complexité variables (Astolfi et Develay, 2002), il s'avère essentiel de bien définir le niveau de formulation que l'on se propose d'atteindre; celui-ci permet en quelque sorte de situer correctement les objectifs conceptuels visés (De Vecchi et Giordan, 1994).

Des lacunes importantes ont également été soulevées dans les manuels scolaires de sciences et technologies en ce qui a trait à la validité scientifique des savoirs conceptuels. Il s'agit dans la plupart des cas d'une mauvaise conceptualisation des savoirs ou des modalités d'expression des savoirs conceptuels qui portent à confusion chez les élèves.

L'explicitation des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires de sciences et technologies est également très problématique. Les informations données aux enseignants

et aux élèves à l'égard de certains savoirs conceptuels ne permettent pas de soutenir de façon appropriée les processus d'enseignement-apprentissage.

Très peu d'études s'intéressent à l'acquisition et à la mobilisation des habiletés de recherche ou des démarches à caractère scientifique chez les élèves. Dans les manuels scolaires analysés, on accorde généralement beaucoup plus de place aux savoirs conceptuels qu'aux processus qui permettent leur construction. Très souvent, les manuels scolaires ignorent la phase de problématisation dans les démarches scientifiques proposées puisqu'on donne rarement l'occasion aux élèves de formuler des problèmes scientifiques. Or plusieurs chercheurs (Astolfi et Develay, 2002; Astolfi *et al.*, 1997; Bachelard, 1970; Brousseau, 1986; Brunet, 1998; Fabre, 1999; Hasni et Roy, 2006; Kuhn, 1970; Popper, 1985) soulignent le fait que d'engager les élèves dans des démarches à caractère scientifique ne consiste pas seulement à leur présenter un problème déjà formulé et à leur demander de le résoudre. Cela nécessite également que les élèves soient en mesure de construire des problèmes. À cet égard, nous insistons, avec Kelly et Duschl (2002), sur le besoin urgent de faire d'autres études afin de mieux comprendre comment les contextes de classe, les manuels scolaires et les enseignants peuvent soutenir le développement des habiletés de recherche chez les élèves.

Au moment que des démarches d'investigation sont proposées aux élèves dans les manuels scolaires, elles sont séquentielles et fermées. Autrement dit, elles offrent très peu d'occasions aux élèves de formuler des hypothèses ou des questions de recherche, d'élaborer des scénarios d'investigation et de les mettre en œuvre afin qu'ils puissent trouver des solutions ou des réponses à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique. Pourtant, lorsqu'on veut amener les élèves à s'approprier des concepts scientifiques, nous soutenons qu'il ne suffit pas de les placer dans des activités où les procédures à suivre sont détaillées comme une recette à suivre et qui les conduisent pas à pas vers les résultats attendus sans qu'ils aient la possibilité de formuler un problème, de se questionner, d'émettre des questions ou des hypothèses de recherche et de planifier par eux-mêmes une stratégie pour résoudre un problème (Hasni et Roy, 2006). Si ce résultat ne

nous permet pas de déterminer précisément dans quelle catégorie des modèles d'intervention éducative (Larose et Lenoir, 1998) s'inscrivent les démarches d'investigation proposées, on peut néanmoins supposer qu'elles ne peuvent s'inscrire dans les démarches d'enseignement-apprentissage selon une perspective constructiviste.

Les activités ou les démarches d'investigation proposées dans les manuels scolaires ne visent pas toujours la construction des savoirs conceptuels à l'étude. D'un côté, les manuels scolaires analysés mettent l'accent sur l'appropriation d'un nombre important de savoirs conceptuels par le biais de la lecture de textes. Ce résultat rejoint ceux d'autres études (Duschl et Gitomer, 1991; Eichinger, Abell et Dagher, 1997; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz et Praia, 2002; Lederman, 1992) qui montrent une vision de l'enseignement scientifique se réduisant souvent à l'exposition de savoirs conceptuels déjà élaborés et que malheureusement cela peut avoir comme conséquence de freiner l'intérêt des élèves à s'engager dans des démarches à caractère scientifique. De l'autre côté, si les manuels scolaires se préoccupent d'engager les élèves dans des démarches d'investigation, c'est essentiellement pour qu'ils puissent "faire des sciences". En effet, dans bien des cas, les activités ou les démarches d'investigation proposées visent à mettre les élèves en action et à leur faire valider des savoirs déjà acquis plutôt que de leur faire construire de nouveaux savoirs conceptuels. Pour reprendre les paroles de Vermesch (1979), il semble que la manière dont on propose d'aborder les savoirs conceptuels dans les manuels scolaires s'inscrit davantage dans une "logique de l'action" plutôt que dans une "logique des concepts". Pourtant, Hasni et Samson (2008a) rapportent que le recours aux démarches à caractère scientifique n'a pas pour fonction d'amener les élèves à appliquer des concepts déjà connus ni à expliquer la théorie aux élèves avant de les engager, par la suite, dans une démarche afin qu'ils appliquent des savoirs déjà connus. L'idée selon laquelle la construction des savoirs conceptuels s'inscrit dans un processus dynamique et circulaire (Hasni *et al.*, 2009a) serait donc complètement escamotée dans les manuels scolaires analysés.

Sur le plan des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école, les résultats sont tout aussi éloquentes. Comme les savoirs conceptuels sont rarement ancrés dans des problématiques qui touchent la réalité immédiate des élèves dans les manuels scolaires analysés, ceux-ci ne favoriseraient donc pas le développement des "compétences de l'utilisateur privé" chez les élèves pour reprendre les mots de Dentant et Fourez (1998). Selon Beane (1997), l'école doit faire en sorte que les élèves puissent être en mesure de mobiliser des savoirs scientifiques et technologiques pour chercher des réponses immédiates à des problèmes réels et concrets, et non en vue d'un usage ultérieur, notamment dans des sociétés teintées de multiples progrès technoscientifiques, comme c'est le cas de celles des pays de l'OCDE où la majorité des études ont été réalisées. En outre, les manuels scolaires analysés par les auteurs ne se préoccupent pas plus du développement des "compétences de l'usager citoyen", car on dénote une absence de liens entre la société, les sciences et les technologies. Ainsi, la question de la mobilisation des savoirs disciplinaires pour amener les élèves à comprendre l'influence des sciences et des technologies au cœur des enjeux sociaux et à être en mesure de prendre position et d'exprimer leur opinion publiquement relativement à ces enjeux (Hasni, 2009; Layton *et al.*, 1993; Roth et Désautels, 2002) est plutôt esquivée. Ce résultat est particulièrement inquiétant étant donné que l'exercice d'une citoyenneté active et éclairée au cœur d'une société démocratique exige le développement de cette compétence chez tous les citoyens et citoyennes (Commission des programmes d'études, 1998; Hasni, 2009).

Sur le plan des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques, les résultats des études sont aussi très critiques. La manière de considérer l'accession aux savoirs scientifiques, le travail des scientifiques et les liens entre l'activité scientifique et le monde semble s'inscrire dans une vision que certains chercheurs (Fourez *et al.*, 1997; Mathy, 1997) qualifient d'empiriste positiviste. En effet, dans les manuels scolaires analysés par les auteurs, le sens accordé aux savoirs conceptuels (notamment les concepts, les modèles, les lois et les théories) est présenté de manière confuse ou n'est pas du tout en cohérence avec les idées de la communauté scientifique qui prévalent à leur égard. Plutôt que d'être présentés comme des construits sociohistoriques, les savoirs conceptuels sont présentés

comme des faits ou des vérités absolues. Autrement dit, les manuels scolaires véhiculent une conception de l'histoire des sciences basée sur la continuité et l'accumulation des savoirs scientifiques. L'accent est mis sur les découvertes et l'acquisition des faits plutôt que d'être mis sur la construction des savoirs. Les manuels scolaires analysés seraient donc empreints de « l'idéologie de la vérité, reflet du monde réel, tel qu'il est » pour reprendre les propos de Fourez *et al.* (1997, p. 10) lorsqu'il caractérise le positivisme empirisme. Or le processus de recherche fait partie de l'activité scientifique. Il ne doit en aucun cas renforcer « l'illusion de la certitude » (Bencze et Hodson, 1999, p. 522) des savoirs que les sciences construisent. Comme le soulignent Taraban *et al.* (2007) : « *Young students must develop an appreciation for the complexity of the world around them. Not all students are bound for post-secondary science programs, but nonetheless, need to comprehend the process and nature of science, its benefits, and its limitations, in order to participate as responsible citizens.* » (p. 976). Il en est de même du côté des savoirs procéduraux où l'on véhicule l'idée d'une démarche scientifique stéréotypée et unique, et où l'on constate une absence du discours au regard des processus de conceptualisation et de modélisation. Par ailleurs, les manuels scolaires ne donnent aucune idée du travail des scientifiques ou présentent une vision déformée de celui-ci. Ces résultats sont particulièrement alarmants dans la mesure où des chercheurs (Abd-El-Khalick et Akerson, 2004) ont montré que plusieurs enseignants de sciences ne sont pas convaincus de la nécessité de développer des compétences d'ordre épistémologique chez les élèves.

Les résultats qui portent sur l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants montrent entre autres que les manuels scolaires sont considérés comme de véritables outils de développement professionnel par les enseignants (Forbes et Davis, 2008a, 2008b). Si les futurs enseignants ne considèrent pas les manuels scolaires tout aussi importants pour le développement des compétences professionnelles des enseignants expérimentés, ils reconnaissent néanmoins qu'ils peuvent soutenir les enseignants expérimentés dans la mesure où ceux-ci doivent enseigner un nouveau contenu disciplinaire. Ces résultats rejoignent ceux d'autres études qui confirment le rôle important que peuvent jouer les manuels scolaires dans les pratiques d'enseignement (Kauffman,

Johnson, Kardos, Liu et Peske, 2002; Valencia, Place, Martin et Grossman, 2006), et ce, autant pour les nouveaux enseignants (Davis et Krajcik, 2005; Schneider et Krajcik 2002) que pour les enseignants les plus expérimentés (Barab et Luehmann, 2003; Fishman et Krajcik, 2003; Roehrig et Kruse, 2005; Schneider, Krajcik et Blumenfeld, 2005).

Sur le plan des modalités d'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants, les résultats des études de Forbes et Davis (2008*a*, 2008*b*) sont plutôt prometteurs. Il semble qu'à travers l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies dans un cours³⁷ de formation initiale en enseignement, des futurs enseignants américains du primaire ont eu l'occasion de développer leurs compétences à promouvoir la recherche scientifique chez leurs élèves. Les résultats de ces études montrent aussi que les enseignants ont un souci important de s'assurer que les activités proposées dans les manuels scolaires prennent en compte les idées des élèves et soient reliées le plus possible à leur réalité et à leur capacité. À cet égard, ils n'hésitent pas à adapter les tâches proposées dans les manuels scolaires de manière à les rendre plus accessibles aux élèves. La prise en compte des idées des élèves constitue l'un des aspects importants à retenir si l'on souhaite par exemple amener les élèves à construire un problème d'ordre scientifique (Hasni et Samson, 2008*a*). Comme nous l'avons souligné précédemment dans le cadre conceptuel, avant même de les engager dans une quelconque activité scientifique, les élèves ont déjà eu de nombreuses expériences avec la réalité du monde empirique et se sont construit des représentations initiales en lien avec différents phénomènes scientifiques (Vosniadou, 1994). Ces représentations initiales, de même que les savoirs acquis, influencent la manière dont les élèves construisent les problèmes et interprètent les phénomènes scientifiques (Hasni et Samson, 2008*a*). Par ailleurs, que ce soit pour soutenir les enseignants débutant ou les enseignants expérimentés, plusieurs chercheurs (Barab et Luehmann, 2003; Fishman et Krajcik, 2003; Hasni *et al.*, 2009*b*; Schwartz, Lin, Brophy et Bransford, 1999; Squire, MaKinster, Barnett, Luehmann et Barab, 2003) soulignent la nécessité que les maisons d'édition proposent aux enseignants de sciences des manuels

37 Ce cours vise le développement des compétences professionnelles des futurs enseignants au regard de l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies.

scolaires qui soutiennent avec flexibilité leurs pratiques d'enseignement et prennent en considération les besoins particuliers et la diversité des élèves.

Les résultats de deux études (Enfield *et al.*, 2008, Erduran, 2003) montrent que par les contenus disciplinaires qu'ils proposent, les manuels scolaires influencent de façon non négligeable les enseignements qui se déroulent dans la classe de sciences. Cela confirme l'importance que les manuels scolaires proposent aux enseignants des démarches d'enseignement-apprentissage qui permettent l'acquisition et la mobilisation des savoirs disciplinaires chez les élèves.

Les résultats qui portent sur l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves montrent entre autres qu'il ne faut pas négliger l'effet des manuels scolaires sur l'apprentissage des savoirs conceptuels par les élèves (Stylianidou *et al.* 2002; Tan 2008). La manière dont les savoirs conceptuels sont présentés dans les manuels scolaires peut influencer grandement la compréhension des élèves à leur égard. Des conceptions inappropriées³⁸ et des représentations confuses des savoirs conceptuels dans les manuels scolaires freineraient leur appropriation chez les élèves.

Enfin, les résultats de quelques études (McCarthy, 2005; Purcell *et al.*, 2006, Taraban *et al.*, 2007; Uclo *et al.*, 2005) montrent les gains importants concernant le recours à des approches pédagogiques (approches ou facilitateurs pédagogiques) autres que l'enseignement traditionnel (basé sur l'utilisation unique du manuel scolaire) pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires et dans certains cas, pour l'adoption d'attitudes comportementales appropriées chez les élèves. Ces résultats nous laissent croire que les enseignants du primaire et du secondaire devraient songer à recourir à des moyens pédagogiques autres que ceux présentées dans les manuels scolaires qu'ils utilisent pour favoriser l'appropriation des savoirs conceptuels chez leurs élèves.

³⁸ Par "conceptions inappropriées", nous entendons celles qui ne sont pas reconnues par la communauté scientifique.

Malgré les apports non négligeables de notre recherche sur le plan de l'avancement des connaissances dans le domaine de l'éducation scientifique, celle-ci comporte néanmoins quelques limites qu'il importe de considérer.

5. QUELQUES LIMITES DE LA RECHERCHE

La principale limite de notre recherche se situe sur le plan méthodologique. Le fait d'avoir restreint notre recension à des articles dans des revues spécialisées en éducation scientifiques dont le titre de la revue contient le mot clé "science", a permis d'écarter un nombre important d'articles. Par ailleurs, nous n'avons considéré que les articles contenus dans les bases de données ERIC et FRANCIS et accessibles en ligne via le site Internet de la bibliothèque des sciences humaines de l'Université de Sherbrooke. Le nombre restreint d'articles (33) que nous avons ainsi retenus à des fins d'analyse interdit toute forme de généralisation. Une recension des articles dans l'ensemble des revues spécialisées en éducation scientifique conjuguée à une recension des mémoires et des thèses publiés dans le monde et qui ont traité de l'objet de notre étude permettraient d'obtenir un échantillon plus large pour généraliser les résultats.

La sélection des articles s'est aussi avérée être une opération délicate. Malgré toutes les précautions prises, nous ne pouvons nullement prétendre que des travaux n'ont pas été omis. Comme nous l'avons souligné précédemment, le premier repérage a été effectué à partir de la lecture des titres et des résumés des articles. Certains sont d'emblée révélateurs de leur lien avec l'objet de recherche; d'autres s'avèrent pertinents après la lecture de leurs composantes (la problématique, le cadre de référence, la méthodologie, les résultats) et d'autres peuvent nous échapper. Il est également possible que lors de l'exploration des bases de données, certains mots clés en lien avec les manuels scolaires nous aient échappés.

En ce qui concerne les procédures de validation de nos données, nous avons recouru à un seul test, soit le test de stabilité des résultats (Landry, 1993) réalisé par l'auteur même du mémoire. Le recours à un test de reproductibilité des résultats, test qui permet de

s'assurer que deux personnes différentes, codant le même matériel, obtiennent les mêmes résultats, aurait permis d'éliminer le plus possible les incohérences dites d'"intraobservateurs" (*Ibid.*).

CONCLUSION

Dans ce mémoire maîtrise, nous avons réalisé une analyse de la documentation scientifique qui s'est intéressée aux manuels scolaires du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies. De manière spécifique, nous avons porté un regard sur les articles scientifiques qui font état d'une étude empirique sur les manuels scolaires ou leur utilisation par les enseignants et les élèves du primaire et du secondaire du point de vue de trois catégories de savoirs disciplinaires en sciences et technologies : 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire; 2° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école; 3° les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques.

Ce travail nous a amené à recenser un peu plus d'une trentaine d'études dans la documentation scientifique et à les analyser sous l'angle de leurs objectifs, de leurs cadres de référence, de leurs méthodologies et de leurs résultats.

Dans la problématique, nous avons situé la place centrale qu'occupent les savoirs disciplinaires pour la formation scientifique et technologique des élèves du primaire et du secondaire et nous avons exposé la place et le rôle des manuels scolaires pour les apprentissages disciplinaires au Québec. Nous avons également présenté les résultats d'une recension des recherches québécoises qui ont porté sur les manuels scolaires ou leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires abordés. Si cette recension nous a permis de dégager des résultats importants pour les acteurs qui s'intéressent à l'éducation scientifique, elle nous a permis de constater que très peu d'études ont été réalisées au Québec dans le domaine depuis les dix dernières années et que plusieurs zones grises restent encore inexplorées dans les recherches. Ce constat a justifié la réalisation de notre étude.

Une réflexion sur les savoirs disciplinaires nous a permis de mieux cerner notre problème de recherche, d'une part, et de nous donner un cadre conceptuel rigoureux pour l'analyse des articles retenus dans notre échantillon, d'autre part. Si le cadre conceptuel expose de manière détaillée les concepts clés qui sont au cœur des trois principales composantes des savoirs disciplinaires en sciences et technologies, il fait davantage référence à la première composante de ces savoirs, et plus particulièrement aux notions de concept, de modèle, de conceptualisation et de modélisation, notions qui prédominent dans les études que nous avons recensées.

Le corpus a été sélectionné à l'aide d'une grille d'analyse et analysé par le biais d'une analyse de contenu (Bardin, 2001; Landry, 1993). Le traitement et l'analyse des données nous ont permis de dégager un nombre substantiel de résultats relativement à chacun des objectifs spécifiques à notre recherche.

À bien des égards, notre recherche a permis d'élargir les résultats obtenus au Québec. Sans vouloir les énumérer de façon exhaustive, elle nous a permis de voir comment les manuels scolaires abordent 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire dans des disciplines scientifiques qui n'ont pas encore été considérées dans les recherches au Québec (comme la chimie et la physique); 2° la question des modèles et de la modélisation; 3° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école, etc.

Les résultats des études analysées rejoignent en grande partie ceux des études (Astalos, 2000; Hasni et Roy, 2006; Hasni *et al.*, 2007, Hasni *et al.*, 2009b; Jean Baptiste, 2007; Morin, 2004) réalisées au Québec. Comme c'est le cas au Québec, nous constatons une prédominance des études sur les manuels scolaires comme objet d'étude et plus particulièrement au regard des savoirs qui composent la structure disciplinaire en sciences et technologies. Très peu de travaux portent sur l'utilisation des manuels scolaires par les enseignants et les élèves en classe. À notre avis, l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies sous l'angle de l'enseignement et de l'apprentissage des savoirs

disciplinaires par les enseignants et les élèves reste un champ important à explorer dans les recherches en éducation.

De manière générale, les résultats de ces études sont très critiques au regard de la manière dont les manuels scolaires abordent les savoirs disciplinaires, et ce, pour les trois catégories de savoirs disciplinaires en sciences et technologies. Ces résultats sont très inquiétants, du fait que les contenus proposés dans les manuels scolaires peuvent avoir une influence non négligeable sur les enseignements et, par conséquent, sur les apprentissages qui se déroulent dans les classes de sciences.

À notre avis, les auteurs de manuels scolaires auraient intérêt à exploiter davantage les réseaux conceptuels et les trames conceptuels pour faire des choix quant aux concepts qu'ils désirent aborder et à la manière de les regrouper sous un nombre limité de concepts intégrateurs qui font sens du point de vue conceptuel. Le recours à des réseaux ou des trames conceptuelles lors de la rédaction des manuels scolaires leur permettrait de structurer les concepts de manière interreliée plutôt que de les penser de manière isolée ou juxtaposée. Sans cet exercice préalable, on risque encore d'amener les élèves à se construire une vision cumulative plutôt qu'intégrer des savoirs disciplinaires (Astolfi *et al.*, 2001; Astolfi et Develay, 2002; De Vecchi et Giordan, 1994).

Si la nature des manuels scolaires utilisés dans la classe de sciences influence les apprentissages disciplinaires chez les élèves, il ne faut pas négliger les modalités de leur utilisation par les enseignants. Les résultats des études analysés (Forbes et Davis, 2008a, 2008b) qui ont porté sur les modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants montrent les retombées positives d'une formation des enseignants centrée sur l'utilisation appropriée des manuels scolaires pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires chez les élèves. Les résultats de ces études rejoignent les préoccupations de plusieurs chercheurs (Barrow, 2000; Gardner, 1999; Hasni, 2001, 2003; Lenoir, Roy, Rey et Lebrun, 2001) concernant la nécessité d'amener les enseignants à jeter un regard critique sur les manuels qu'ils utilisent.

D'ailleurs, l'idée d'amener les enseignants en exercice à développer leurs compétences à sélectionner et à utiliser correctement diverses ressources didactiques (dont les manuels scolaires) auprès des élèves constitue l'un des axes de recherche privilégiés du CREAS. La mise en place de recherches collaboratives s'inscrivant dans cet axe et alliant les chercheurs, les conseillers pédagogiques et les enseignants du primaire et du secondaire de différentes commissions scolaires du Québec pourrait être porteuse en terme de développement des compétences professionnelles des enseignants, d'une part, et en terme d'appropriation des savoirs disciplinaires par élèves, d'autre part. Ces recherches collaboratives pourraient avoir comme objectifs 1° la réalisation d'inventaires des manuels scolaires auxquels les enseignants de sciences recourent dans leur pratique et l'analyse de leur pertinence au regard de la formation scientifique et technologique des élèves; 2° la description des modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants en classe au regard des trois catégories de savoirs disciplinaires en sciences et technologies; 3° l'accompagnement des enseignants pour la construction, la validation et la mise en œuvre de grilles pour analyser les manuels scolaires, etc.

Enfin, les résultats de quelques études (McCarthy, 2005; Purcell *et al.*, 2006, Taraban *et al.*, 2007; Uclo *et al.*, 2005) qui se sont intéressées au lien entre les manuels scolaires et les apprentissages disciplinaires chez les élèves ont montré les effets positifs de l'utilisation d'approches pédagogiques pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires chez les élèves. D'ailleurs, ces moyens pédagogiques sont fortement reconnus pour soutenir les apprentissages disciplinaires dans le discours officiel ici au Québec (Conseil de la science et de la technologie, CST, 2004; Gouvernement du Québec, 2004a, 2007b) et ailleurs au Canada (Conseil des ministres de l'Éducation du Canada, CMEC, 1997). Les résultats des études que nous avons analysées concernant cette question rejoignent en partie les résultats de plusieurs écrits scientifiques qui font état des apports de certaines approches intégratives pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires chez les élèves, comme l'approche par problème (Brunet, 1998; Chang et Brufaldi, 2004; Gabel, 1994; Lampert, 2001; Lebeaume et Magneron, 2004), l'approche par projet (Chvidchenko et Chevallier, 1997; Crindal,

2001; Toolin, 2004) et l'approche interdisciplinaire (Davis, 1995; Elliott, Oty, McArthur et Clark, 2001; Fourez, Maingain et Dufour, 2002).

L'idée de soutenir les enseignants en exercice dans le développement d'exemples opérationnels de situations d'enseignement-apprentissage basées sur des approches intégratives constitue également l'un de principaux axes de recherche du CREAS. Ainsi, des recherches collaboratives pourraient avoir comme objectifs de : a) faire l'inventaire des principales approches intégratives présentées dans les manuels scolaires et de voir leur pertinence pour la construction des savoirs disciplinaires chez les élèves; b) décrire les approches d'enseignement intégratives auxquelles les enseignants de sciences recourent en classe; c) mesurer les effets du recours aux approches intégratives sur les apprentissages, l'engagement et l'intérêt des élèves à l'égard des sciences, etc.

Enfin, nous terminons en soulignant la poursuite de ces travaux dans notre recherche doctorale. Considérant que :

4. Les savoirs disciplinaires occupent une place centrale pour le développement d'une culture scientifique et technologique de tous les élèves du primaire et du secondaire (Hasni *et al.*, 2009a; Hasni, 2010; Gouvernement du Québec, 2001, 2004a, 2007a);
5. Les manuels scolaires de sciences et technologies québécois présentent d'importantes lacunes en ce qui a trait à la manière d'aborder les savoirs disciplinaires en sciences et technologies (Hasni et Roy, 2006; Hasni *et al.*, 2007);
6. Les manuels scolaires de sciences et technologies sont fortement reconnus par le MELS pour l'apprentissage des savoirs disciplinaires (Gouvernement du Québec, 1997, 2004b, 2007b);
7. Les manuels scolaires de sciences et technologies font partie des pratiques d'enseignement quotidiennes de la majorité des enseignants québécois;
8. Les pratiques d'enseignement influencent les apprentissages disciplinaires réalisés en classe, la persévérance et la réussite des élèves (Bressoux, 1996, 2002; Bru, Altet

et Blanchard-Laville, 2004; Hasni, 2008; Mercier et Buty, 2004; Mottier-Lopez, 2003; Tupin, 2003);

9. La capacité des enseignants à recourir à des démarches d'enseignement-apprentissage propres aux sciences et aux technologies représente un enjeu fondamental pour : a) le maintien des intérêts des élèves; b) la réussite des élèves au regard des sciences et des technologies; c) le développement de la culture scientifique et technologique des élèves (CST, 2004; Davis, 2003; Gibson et Chase, 2002; Hasni, 2008; Seegers *et al.*, 2002);
10. Très peu d'études ont été réalisées au Québec sur les pratiques d'enseignement au regard des savoirs disciplinaires en sciences et technologies.

Nous proposons de faire une étude doctorale dont les objectifs seront de décrire les conceptions des enseignants de sciences et technologies du premier cycle du secondaire au regard des savoirs disciplinaires et d'analyser leurs pratiques d'enseignement effectives au regard de l'enseignement de ces savoirs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abd-El-Khalick, F. et Akerson, V. L. (2004). Learning about nature of science as conceptual change : Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785-810.
- Aikenhead, G. S. (1981). *L'enseignement des sciences dans une perspective sociale*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- Aikenhead, G. S. (1984). *Scientific decision making. Unit 1. Science, a way of knowing*. Saskatoon : University of Saskatoon, Department of curriculum studies.
- Altet, M. (1997). *Les pédagogies de l'apprentissage*. Paris : Presses universitaires de France.
- Altet, M. (2001). *Demande de création d'un réseau présentée au ministère de la Recherche, MSU – DS7*. Réseau OPEN, réseau d'observation des pratiques enseignantes. Nantes : Université de Nantes.
- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, 138, 85-93.
- Astalos, M. (2000). *Conception de la nature et manuels de sciences au Québec, en France et au Sénégal*. Thèse de doctorat. Montréal : Université de Montréal, Département d'études en éducation et d'administration de l'éducation.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (1997). *Mots clés de la didactique des sciences*. Repères, définitions, bibliographies. Paris : De Boeck.
- Astolfi, J.-P. et Develay, M. (2002). *Didactique des sciences*. Paris : Presses universitaires de France.
- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. et Vérin, A. (2001). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- Bachelard, G. (1970). *Le droit de rêver*. Paris : Presses universitaires de France.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre et M. Thellier (dir.), *Élaboration et justification des modèles*. Paris : Maloine.

- Barab, S. et Luehmann, A. (2003). Building sustainable science curriculum : acknowledging and accommodating local adaptation. *Science Education*, 87(4), 454-467.
- Bardin, L. (1986). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.
- Bardin, L. (1993). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.
- Bardin, L. (2001). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.
- Barrow, L. H. (2000). Do elementary science methods textbooks facilitate the understanding of magnet concepts? *Journal of science education and technology*, 9(3), 199-205.
- Barth, B.-M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction. Méthodes pour une meilleure réussite de l'école*. Paris : Retz.
- Barth, B.-M. (2002). *Le savoir en construction*. Paris : Retz. (1^{re} édition.1993).
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum Integration : Designing the Core of Democratic Education*. New York : Teacher's College Press.
- Bencze, L. et Hodson, D. (1999). Changing practice by changing practice : Toward more authentic science and science curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(5), 521-539.
- Bernard, C. (1966). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : Éditions Garnier-Flammarion (1^{re} éd. 1865). Une édition électronique réalisée à partir du livre de Claude Bernard est disponible à l'adresse <http://classiques.uqac.ca/classiques/bernard_claude/intro_etude_medecine_exp/intro_etude.html>.
- Bressoux, P. (2002). Réflexions sur l'effet-maître et l'étude des pratiques enseignantes. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 5, 35-52
- Brousseau, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des Mathématiques*. Thèse d'état. Bordeaux : Université de Bordeaux 1.
- Brown, J. S., Collins, A. et Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Bru, M. (2002). Pratiques enseignantes : des recherches à conforter et à développer. *Revue française de pédagogie*, 138, 63-73.

- Bru, M., Altet, M. et Blanchard-Laville, C. (2004). À la recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages. *Revue française de pédagogie (Numéro thématique : Évaluer et comprendre les effets des pratiques pédagogiques)*, 148, 75-87.
- Brunet, P. (1998). Enseigner et apprendre par problèmes scientifiques dans les sciences de la vie. État de la question. *Aster*, 27, 145-182.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition : Enrichment or conceptual change? In S. Carey et R. Gelman (dir.), *The Epigenesis of Mind : Essays on Biology and Cognition*, 257-291. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Chang, C. Y. et Barufaldi, J. (1999). The use of problem solving based instructional model in initiating change in student's achievement and alternative frameworks. *International Journal of Science Education*, 21(4), 373-388.
- Charlot, B., Bauthier, E. et Rochex, J.-Y. (1992). *École et savoir, dans les banlieues...et ailleurs*. Paris : Armand Colin.
- Chi, M. T. H. et Roscoe, D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón et L. Mason (dir.), *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice* (p. 3-27). Dordrecht, London : Kluwer Academic Publishers.
- Chvidchenko, I. et Chevallier, J. (1997). *Conduite et gestion de projet. Principes et pratiques pour petits et grands projets*. Toulouse : Céraduès-Éditions.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 23(9), 1041-1053.
- Conseil de la science et de la technologie, CST (2004). *La culture scientifique et technique au Québec : une interface entre les sciences, la technologie et la société*. Rapport de conjoncture 2004. Québec : Conseil de la science et de la technologie.
- Conseil des ministres de l'Éducation du Canada, CMEC (1997). *Cadre commun de résultats d'apprentissage en sciences de la nature : M à 12*. Toronto : Conseil des ministres de l'Éducation du Canada.
- Crindal, A. (2001). *Enquête sur les figures de la démarche de projet en technologie*. Thèse de doctorat. Paris : École normale supérieure de Cachan.
- Davis, E. A. (2003). Untangling dimensions of middle school students' beliefs about scientific knowledge and science learning. *International Journal of Science Education*, 25(4), 439-468.

- Davis E. A. et Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34(3), 3-14.
- Davis, J. R. (1995). *Interdisciplinary courses and team teaching. New arrangements for learning*. Phoenix : American Council of Education, Oryx Press.
- De Vecchi, G. et Carmona-Magnaldi, N. (1996). *Faire construire des savoirs*. Paris : Hachette.
- De Vecchi, G. et Carmona-Magnaldi, N. (2002). *Faire vivre de véritables situations-problèmes*. Paris : Hachette Education.
- De Vecchi, G. et Giordan, A. (1994). *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche?* Nice : Z'éditions.
- Demounem, R. et Astolfi, J.-P. (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la terre*. Paris : Nathan.
- Dentant, V. et Fourez, G. (1998). *Compétences pour négocier avec des technologies*. Rapport de recherche 40/97. Accessible à l'adresse <<http://www.agers.cfwb.be/pedag/recheduc/4097-98/techno>>.
- Disessa, A. (2002). Why "conceptual ecology" is a good idea. In M. Limon et L. Mason (dir.), *Reconsidering conceptual change*, Issues in theory and Practice (p. 29-60). Netherlands : Kluwer Academic Publishers.
- Driel, J.-H. et Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.
- Duschl, R. et Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change : Implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- Eichinger, D. C., Abell, S. K., et Dagher, Z. R. (1997). Developing a graduate level science education course on the nature of science. *Science and Education*, 6(4), 417-429.
- Elliott, B., Oty, K., McArthur, J. et Clark, B. (2001). The effect of an interdisciplinary algebra/science course on students' problem solving skills, critical thinking skills and attitudes towards mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 811-816.

- Englebert-Lecompte, V., Fourez, G. et Mathy, P. (1998). *Propositions de compétences relatives à la construction des savoirs (épistémologie) avec application à l'enseignement de la génétique*. Rapport des recherches 40/97 et 40/98. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.agers.cfwb.be/pedag/recheduc>>.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses universitaires de France.
- Fairclough, N. (2001). The discourse of the new labour : Critical discourse analysis. In M. Wetherell, S. Taylor et S. J. Yates (dir.), *Discourse as data. A guide for analysis* (p. 229-266). London : The Open University.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. et Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza : Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fishman, B. J. et Krajcik, J. (2003). What does it mean to create sustainable science curriculum innovations? A commentary. *Science Education*, 87(4), 564-573.
- Fortin, M.-F. (1996). *Le processus de la recherche de la conception à la réalisation*. Montréal : Décarie.
- Fourez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique : essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Fourez, G. (1995). Le mouvement des sciences, technologie et société (STS) et l'enseignement des sciences. *Perspectives*, XXIV(1), 27-41.
- Fourez, G., Englebert-Lecompte, V. et Mathy, P. (1997). *Nos savoirs sur nos savoirs. Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*. Paris et Bruxelles : DeBoeck et Larcier.
- Fourez, G. et Larochelle, M. (2003). *Apprivoiser l'épistémologie*. Bruxelles : De Boeck.
- Fourez, G., Maingain, A. et Dufour, B. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Bruxelles : DeBoeck Université.
- Fressinet-Dominjon, J. (1997). *Méthodes de recherche en sciences sociales*. Paris : Montchrestien.
- Gabel, D. L. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning. A Project of the National Science Teachers Association*. New York : MacMillan Publishing Company.
- Gall, J. P., Gall, M. D. et Borg, W. R. (2005). *Applying educational research. A practical guide* (5^e éd.). New York, NY: Pearson Education Inc.

- Gardner, P. L. (1999). The representation of science-technology relationships in Canadian physics text-books. *International journal of science education*, 21(3), 329-347.
- Genzling, J.-C. et Pierrard, M.-A. (1994). La modélisation, la description, la conceptualisation, l'explication et la prédiction. In J.-L. Martinand *et al.* (dir), *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 47-78). Paris : INRP.
- Giordan, A et De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des élèves aux concepts scientifiques*. Neuchâtel : Delachaux Niestlé.
- Giordan, A. et Martinand, J.-L. (dir.) (1987). *Modèles et simulations. Actes des IX^e Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique*. U.E.R. de Didactique des disciplines, Universités Paris VII.
- Glaserfeld, E. (1985). *L'Approche constructiviste : vers une théorie des représentations. Séminaire sur la représentation*. Vol. no 7. Montréal : Université du Québec à Montréal, Centre interdisciplinaire de recherches sur l'apprentissage et le développement en éducation.
- Gouvernement du Canada (s.d.). *Site du portail Thèse Canada*. Site téléaccessible à l'adresse <<http://www.collectionscanada.gc.ca/thesescanada/index-f.html>>. Consulté le 30 août 2008.
- Gouvernement du Québec (1997). *L'école, tout un programme*. Énoncé de politique et plan d'action. Québec : ministère de l'Éducation.
- Gouvernement du Québec (2001). *Programme de formation de l'école québécoise*. Éducation préscolaire et enseignement primaire. Québec : ministère de l'Éducation. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.mels.gouv.qc.ca/DGFIJ/dp/index.htm>>.
- Gouvernement du Québec (2004a). *Programme de formation de l'école québécoise*. Enseignement secondaire, 1^{er} cycle. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.mels.gouv.qc.ca/DGFIJ/dp/index.htm>>.
- Gouvernement du Québec (2004b). *Évaluation des aspects pédagogique du matériel didactique*. Enseignement primaire et secondaire. Québec : Direction des ressources didactiques.
- Gouvernement du Québec (2007a). *Programme de formation de l'école québécoise*. Enseignement secondaire, 2^e cycle. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.mels.gouv.qc.ca/DGFIJ/dp/index.htm>>.

- Gouvernement du Québec (2007b). *L'approbation du matériel didactique*. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www3.meq.gouv.qc.ca/bamd/info.htm>>.
- Guichard, J. (1994). Réaction de J. Guichard à partir du texte de J.-C. Genzling et M.-A. Pierrard et de la grille de lecture de G. Ruhmelhard. In J.-L. Martinand *et al.* (dir), *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 79-84). Paris : INRP.
- Halliday, M. A. K. (1994). *An introduction to functional grammar*. Londres et Melbourne : Edward Arnold (2^e édition).
- Halliday, M. A. K. et Hasan, R. (1989). *Language, context, and text: aspects of language in a social-semiotic perspective*. Oxford: Oxford University Press.
- Hasni, A. (2001). *La démarche scientifique véhiculée par les activités de la science et de la technologie dans les manuels scolaires du primaire*. Communication au colloque « discours, représentations et utilisation des matériaux didactiques en milieu scolaire », 69^e congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Sherbrooke, 14-16 mai.
- Hasni, A. (2003). *Les concepts scientifiques et technologiques dans les manuels scolaires*. Communication au colloque « l'usage du matériel scolaire : un rapport d'appropriation ou un déterminant de l'intervention éducative? », 71^e congrès annuel de l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences (ACFAS), Université du Québec à Rimouski, 19-23 mai.
- Hasni, A. (2005a). La culture scientifique et technologique à l'école : de quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer ? In D. Simard et M. Mellouki (dir.), *L'enseignement Profession intellectuel* (p. 105-130). Ste Foy : Presses de l'Université Laval.
- Hasni, A. (2005b). *Grille d'analyse de la documentation scientifique portant sur la conceptualisation et la modélisation en enseignement des sciences*, réalisée dans le cadre de la recherche « Conceptualisation et modélisation en sciences: représentations et pratiques d'enseignantes et d'enseignants du primaire et du premier cycle du secondaire au Québec ». Conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH, programme de recherche ordinaire, n° 410-2005-1523).
- Hasni, A. et Roy, P. (2006). Comment les manuels scolaires proposent-ils d'aborder les concepts scientifiques avec les élèves? Cas des concepts de biologie. In J. Lebrun, J. Bédard et A. Hasni (dir.), *Matériel didactique et pédagogique : Soutien à l'appropriation ou déterminant de l'intervention éducative* (p. 125-162). Ste Foy : Presses de l'Université Laval.

- Hasni, A., Moresoli, C., Lebrun, J., Marcos, B., Samson, G., Owen, M.-E. et Leslie, R. (2007). *Démarches d'enseignement-apprentissage et interdisciplinarité dans les manuels de sciences et technologies du premier cycle secondaire au Québec et en Ontario*. Communication au Meeting international « Analyse critique des manuels scolaires de science » organisé par l'International Organisation for Science and Technology Education, en collaboration avec Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship et l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Techniques. Hammamet (Tunisie), 7-10 février.
- Hasni, A. (2008). *Demande de subvention au Fonds de recherche sur la société et la culture (FQRSC)*.
- Hasni, A., et Lebrun, J. (2008). Comment des enseignantes perçoivent-elles le changement de leur pratique d'enseignement et les générateurs de ce changement suite à une formation centrée sur les démarches de conceptualisation dans le cadre d'une recherche-action? In L. Talbot et al. (dir.) *Les pratiques d'enseignement entre tradition et innovation* (p. 51-74). Paris : L'Harmattan.
- Hasni, A. et Roy, P. (2008). *La conceptualisation et la modélisation en enseignement des sciences au secondaire*. Atelier de formation pour les enseignants de sciences du secondaire de la région 03-12, donné dans le cadre de la recherche collaborative Perfectionnement des compétences en enseignement des sciences, technologies et mathématiques du personnel enseignant au premier cycle du secondaire. 1^{er} décembre.
- Hasni, A. et Samson, G. (2008a). Développer les compétences en gardant le cap sur les savoirs. Première partie : place de la problématisation dans les démarches à caractère scientifique. *Spectre*, 37(2), 26-29.
- Hasni, A. et Samson, G. (2008b). Développer les compétences en gardant le cap sur les savoirs. Deuxième partie : la diversité des démarches à caractère scientifique et leurs liens avec les savoirs disciplinaires, *Spectre*, 37(3), 22-25.
- Hasni, A (2009). *Les nouveaux enjeux de l'éducation scientifique et technologique à l'école : quelle contribution des acteurs de la promotion des sciences?* Présentation au CA de la Société pour la promotion de la science et de la technologie, Montréal, 8 décembre.
- Hasni, A., Bousadra, F., Corriveau, A., Guillemette, C., El Bilani, R et Roy, P. (2009a). *Cadre conceptuel et méthodologique pour l'analyse des pratiques d'enseignement en sciences et technologies*. Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Université de Sherbrooke.
- Hasni, A., Moresoli, C., Samson, G et Owen, M.-E. (2009b). Points de vue d'enseignants de sciences au premier cycle du secondaire sur les manuels scolaires dans le contexte de l'implantation des nouveaux programmes au Québec. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(2), 2009, 83-105.

- Hasni, A (2010). *Les nouveaux enjeux de l'éducation scientifique et technologique et la formation des enseignants*. Conférence à la Faculté des sciences, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah – Fès, 17 juin.
- Hasni, A. et Lenoir, A. (à paraître). Enseignement scientifique et approche par compétences : quelle relation? *Revista EN*.
- Hempel, C. (1996). *Éléments d'épistémologie*. Paris : Armand Colin.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and Learning Science*. Towards a Personalized Approach, Philadelphia, Open University Press.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84(1), 51-70.
- Hogan, K. et Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663-687.
- Houssaye (2000). *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire*. Berne (Suisse) : Peter Lang (3^e édition).
- Jean Baptiste, M. M. (2007). *Les représentations de la nature dans un manuel de sciences haïtien du primaire*. Mémoire de maîtrise. Québec : Université Laval, Faculté des sciences de l'éducation.
- Jones, R. A. (2000). *Méthodes de recherche en sciences humaines*. Paris et Bruxelles : De Boeck Université.
- Josuha, S. (1985). *Contribution à la définition du contraint et du possible dans l'enseignement de la physique (essai de didactique expérimentale)*. Thèse d'État. France : Université d'Aix-Marseille II.
- Kauffman, D., Johnson, S.M., Kardos, S.M., Liu, E. et Peske, H. (2002). "Lost at sea" : Newteachers' experiences with curriculum and assessment. *Teachers College Record*, 104(2), 273-300.
- Kellert, S. R. (1985). Attitudes toward Animals : Age-related development among children. *The Journal of Environmental Education*, 16(3), 29-39.
- Kelly, G. J. et Duschl, R. A. (2002). *Toward a research agenda for epistemological studies in science education*. Paper presented at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.

- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis : an introduction to its methodology*. Beverly Hills : Sage Publications.
- Kuhn, T. (1970). *The structure of Scientific Revolutions*. Chicago : Chicago University Press. (2^e éd.).
- Ladrière, J. (2005). *Concept*. Encyclopædia universalis. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.universalis-edu.com.ezproxy.usherbrooke.ca/>>.
- Lampert, M. (2001). *Teaching problems and problems of teaching*. London : Yale University Press.
- Landry, R. (1993). L'analyse de contenu. In B. Gauthier (dir.), *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données* (p. 337-359). Sainte-Foy : Presses de l'université du Québec (2^e éd.).
- Larcher, C. (1994). Études comparative de démarches de modélisation. Quelles sont les caractéristiques des démarches de modélisation ? In J.-L. Martinand et al. (dir.), *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 9-24). Paris : INRP.
- Larochelle, M. et Bednarz, N. (1994). Constructivisme et éducation. *Revue des sciences de l'éducation*, 20(1), 3-198.
- Larochelle, M. et Désautels, J. (1992). *Autour de l'idée de science : itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Sainte-Foy (Québec) : Presses de l'Université Laval.
- Larose, F. et Lenoir, Y. (1998). La formation continue d'enseignants du primaire à des pratiques interdisciplinaires : résultats de recherches. *Revue des sciences de l'éducation*, XXIV(1), 189-228.
- Layton, D., Jenkins, E., Macgill, S. et Davey, A. (1993). *Inarticulate Science? Perspectives on the Public Understanding of Science and Some Implications for Science Education*. Nafferton : Studies in Education Limited.
- Lê Thành Khôi (1981). *L'éducation comparée*. Paris : Armand Colin.
- Lebeaume, J. et Magneron, N. (2004). Itinéraires de découverte au collège : à la recherche des principes coordinateurs. *Revue française de pédagogie*, 148, 109-126.
- L'Écuyer, R. (1990). *Méthodologie d'analyse développementale de contenu : méthode GPS et concept de soi*. Sillery : Presses de l'Université du Québec.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science : A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

- Lenoir, Y. (1991). *Relations entre interdisciplinarité et intégration des apprentissages dans l'enseignement primaire au Québec*. Thèse de doctorat en sociologie (nouveau régime). Paris : Université de Paris 7.
- Lenoir, Y. et Vanhulle, S. (2006). Étudier la pratique enseignante dans sa complexité : une exigence pour la recherche et la formation à l'enseignement. In A. Hasni, Y. Lenoir et J. Lebeaume (dir.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences*. Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Lenoir, Y., Roy, G.-R., Rey, B. et Lebrun, J. (2001) (dir.). *Le manuel scolaire et l'intervention éducative. Regards critiques sur ses apports et ses limites*. Sherbrooke : Éditions du CRP.
- Lidar, M., Lundqvist, E. et Ostman, L. (2005). Teaching and learning in the science classroom : The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, 90(1), 148-163.
- Luke, C., de Castell, S. et Luke, A. (1989). Beyond criticism : the authority of the school textbook. In S. de Castell, A. Luke et C. Luke (dir.), *Language, authority and criticism : readings on the school textbook*. London, United Kingdom : Falmer Press.
- Martinand, J.-L. (1987). Modèles et simulations : en guise d'introduction. In A. Giordan et J.-L. Martinand (dir.), *Modèles et simulations* (p. 33-43). Actes des IX^e Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique, U.E.R. de Didactique des disciplines, Universités Paris VII.
- Martinand, J.-L. (1992). Présentation. In J.-L. Martinand et al. (dir.), *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : Institut national de recherche pédagogique.
- Martinand, J.-L. (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : Institut national de recherche pédagogique.
- Mathy, P. (1997). *Donner du sens au cours de sciences. Des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants*. Paris et Bruxelles : DeBoeck et Larcier.
- Mayer, R. E. (2002). Understanding conceptual change: A commentary. In M. Limón et L. Mason (dir.), *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice* (p. 101-111). Dordrecht/London : Kluwer Academic Publishers.
- Mercier, A. et Buty, C. (2004). Évaluer et comprendre les effets de l'enseignement sur les apprentissages des élèves : problématiques et méthodes en didactique des mathématiques et des sciences. *Revue française de pédagogie (Numéro thématique : Évaluer et comprendre les effets des pratiques pédagogiques)*, 148, 47-59.

- Miles, M. B. et Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Morin, E. (2004). *Étude de l'image des sciences projetée par un manuel de sciences pour le primaire*. Mémoire de maîtrise en didactique des sciences. Québec : Université Laval.
- Mottier-Lopez, L. (2003). Les structures de la participation privilégiées dans la microculture de classe : un indice de l'efficacité des pratiques d'enseignement et d'apprentissage? *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 10, 59-75.
- Niaz, M. (1998a). A Lakatosian conceptual change teaching strategy based on student ability to build models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium. *Science and Education*, 7(2), 107-127.
- Niaz, M. (1998b). From Cathode Rays to Alpha Particles to Quantum of Action : A Rational Reconstruction of Structure of the Atom and its Implications for Chemistry Textbooks, *Science Education*, 82, 527-552.
- Not, L. (1979). *Les pédagogies de la connaissance*. Toulouse : Privat.
- Not, L. (1987). *Enseigner et faire apprendre. Éléments de psycho-didactique générale*. Toulouse : Privat.
- Novak, J. D. et Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. United Kingdom : Cambridge University Press.
- Orange, C. (1994). Les modèles, de la mise en relation au fonctionnement. In J.-L. Martinand et al. (dir), *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 25-43). Paris : Institut national de recherche pédagogique.
- Papert, S. (1994). *L'enfant et la machine à connaître : repenser l'école à l'ère de l'ordinateur*. Paris : Dunod.
- Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Paris : Presses universitaires de France.
- Popper, K. (1985). *Conjectures et réfutations : la croissance des savoirs scientifiques*. Paris : Payot.
- Postman, N. (1981). *Enseigner, c'est résister*. Paris : Le centurion.
- Postner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P. W. et Gertoz, W. A. (1982). Accommodation of scientific conception : Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

- Pozzer, L. L. et Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089-1114.
- Quivy, R. et Van Campenhoudt, L. (1995). *Manuel de recherche en sciences sociales* (5^e éd.). Paris : Dunod.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246.
- Resnick, L. B., Levine, J. M. et Teasley, S.D. (dir.) (1991). *Perspectives on socially Shared Cognition*. Washington, DC : American Psychological Association.
- Robardet, G. et Guillaud, J-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques. De la recherche à la pratique : théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané*. Paris : Presses universitaires de France.
- Robert, A. D. et Bouillaguet, A. (1997). *L'analyse de contenu*. Que sais-je? France : Presses universitaires de France.
- Roehrig, G. H. et Kruse, R.A. (2005). The role of teachers' beliefs and knowledge in the adoption of a reformbased curriculum. *School Science and Mathematics*, 105(8), 412-422.
- Roth, W.-M. et Désautels, J. (2002). Science education as / for sociopolitical action : Charting the landscape, In W.-M. Roth, et J. Désautels (dir.), *Science Education as / for Sociopolitical Action* (p. 1-16), New York : Peter Lang Publishing,
- Säljö, R. (1999). Concepts, Cognition and Discourse : From Mental Structures to discursive Tools. In W. Schnotz, S. Vosniadou et M. Carretero (dir.), *New perspective on Conceptual Change* (p. 81-90). Kidlington/Oxford, UK : Elsevier Science Ltd.
- Sandoval, W. A. et Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry : Integrating conceptual and epistemic scaffold for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Schneider, R. M. et Krajcik, J. (2002). Supporting science teacher learning : the role of educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, 13(3), 221-245.
- Schneider, R. M., Krajcik, J. et Blumenfeld, P. (2005). Enacting reform-based science materials: The range of teacher enactments in reform classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 283-312.

- Schwartz, D., Lin, X., Brophy, S., et Bransford, J. D. (1999). Toward the development of flexibly adaptive instructional design. In C. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models : A new paradigm of instructional theory* (p. 183- 214). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Squire, K., MaKinster, J., Barnett M, Luehmann, A. et Barab, S. (2003). Designed curriculum and local culture: acknowledging the primacy of classroom culture. *Science Education*, 87(4), 468-489.
- Strike, K. A. et Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West et A. L. Pines (dir.), *Cognitive structure and conceptual change* (p. 211-231). New York : Academic Press.
- Strike, K. et Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl et R. Hamilton (dir.), *Philosophy of science, cognition psychology and educational theory and practice* (p. 147-176). Albany, NY : State University of New York.
- Toolin, R.-E. (2004). Striking a balance between innovation and standards: A study of teachers implementing project-based approaches to teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 179-187.
- Tupin, F. (dir.) (2003). *De l'efficacité des pratiques enseignantes. Les dossiers des sciences de l'éducation*, 10, numéro thématique, 2-109.
- Union astronomique internationale (2006). *The Final IAU Resolution on the definition of "planet" ready for voting 24 August 2006*, Prague. Document téléaccessible à l'adresse <http://www.iau.org/fileadmin/content/news/iau0602/iau0602_release.doc>.
- Valencia, S., Place, N., Martin, S. et Grossman, P. (2006). Curriculum materials for elementary reading : Shackles and scaffolds for four beginning teachers. *The Elementary School Journal*, 107(1), 93-120.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170.
- Vermersch, P. (1979). Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif. *Bulletin de psychologie*, XXXIII(343), 179-187.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Limón et L. Mason (dir.), *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice* (p. 61-76). Dordrecht/London : Kluwer Academic Publishers.

Vygotski, L. (1997). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute (1^{re} éd. 1934).

Walliser, B (1977). *Système et modèles*. Paris : Seuil.

Weil-Barais, A. et Lemeignan, G. (1994). Approche développementale de l'enseignement et de la modélisation : quelles implications pour la recherche et pour les pratiques d'enseignement ? In J.-L. Martinand *et al.* (dir), *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 85-114). Paris : INRP.

Wickman, P.-O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, 88, 325-344.

Wilson, J. (1995). *Thinking with concepts*. New York : Cambridge University Press (1^{re} éd. 1963).

ANNEXE 1 – LISTE DES ARTICLES DE L'ECHANTILLON

1. Abd-El-Khalick, F., Waters, M. et Le, A. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.
2. Ashelford, S. (2002). Adaptation : a question of definitions? *School science review*, 83(304), 97-102.
3. Assis, A. et Zylbersztajn, A. (2001). The influence of Ernst mach in the teaching of mechanics. *Science and Education*, 10, 137-44.
4. Barrow, L. (2000). Do elementary science methods textbooks facilitate the understanding of magnet concepts? *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 199-205.
5. Bowen, G. et Roth, W. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, 32(3), 303-27.
6. Carvalho, G., Silva, R. et Clement, P. (2007). Historical analysis of Portuguese primary school textbooks (1920-2005) on the topic of digestion. *International Journal of Science Education*, 29(2), 173-193.
7. Chiappetta, E. et Fillman, D. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1847-1868.
8. Dimopoulos, K., Koulaidis, V. et Sklaveniti, S. (2005). Towards a framework of socio-linguistic analysis of science textbooks : the Greek case. *Research in Science Education*, 35, 173-195.
9. Enfield, M., Smith, E. et Grueber, D. (2008). A sketch is like a sentence: curriculum structures that support teaching epistemic practices of science. *Science Education*, 92(4), 608-630.
10. Erduran, S. (2003). Examining the mismatch between pupil and teacher knowledge in acid-base chemistry. *School Science Review*, 84(308), 81-87.
11. Forbes, C. et Davis, E. (2008a). Exploring preservice elementary teachers'critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socioscientific issues. *Science & Education*, 17, 829-854.

12. Forbes, C. et Davis, E. (2008b). The development of preservice elementary teachers' curricular role identity for science teaching. *Science Education*, 92(5), 909-940.
13. Furio-Mas, C., Calatayud, M., Guisasola, J. et Furio-Gomez, C. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1337-1358.
14. Han, J. et Roth, W. (2006). Chemical inscriptions in Korean textbooks: semiotics of macro- and microworld. *Science Education*, 90(2), 173-201.
15. Harrison, A. (2001, January 1). How Do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students? *Research in Science Education*, 31(3), 401-35.
16. Justi, R. et Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of the atom. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009.
17. Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23(3), 319-29.
18. Korfiatis, K., Stamou, A. et Paraskevopoulos, S. (2004). Images of nature in Greek primary school textbooks. *Science Education*, 88(1), 72-89.
19. Leite, L. (2002). History of science in science education : development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science and Education*, 11(4), 333-59.
20. Martinez-Gracia, M., Gil-Quylez, M. et Osada, J. (2003). Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1147-1168.
21. McCarthy, C. (2005). Effects of thematic-based, hands-on science teaching versus a textbook approach for students with disabilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 245-263.
22. Nehm, R. et Young, R. (2008). Sex hormones in secondary school biology textbooks. *Science & Education*, 17(10), 1175-1190.
23. Newton, D. et Newton, L. (2007). An analysis of primary technology textbooks: can they support cause and purpose explanations? *Research in Science & Technological Education*, 25(2), 199-210.
24. Purcell, A., Ponomarenko, A. et Brown, S. (2006). A fifth grader's guide to the World. *Science and Children*, 43(8), 24-27.

25. Rodriguez, M. et Niaz, M. (2002). How in spite of the rhetoric, history of chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. *Science and Education*, 11(5), 423-41.
26. Stern, L. et Roseman, J. (2004). Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from project 2061's curriculum evaluation study : life science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 538-568.
27. Stylianidou, F., Ormerod, F. et Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-83.
28. Sullivan, J. P. (2008). The use of photographs to portray urban ecosystems in six introductory environmental science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 1003-1020.
29. Tan, A. (2008). Tensions in the biology laboratory: What are they? *International Journal of Science Education*, 30(12), 1661-1676.
30. Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R. et Bowen, C. (2007). Effects of active-learning experiences on achievement, attitudes, and behaviors in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 960-979.
31. Uclo, H. P., Harskamp, E., Gion, C. S. et Cowog, G. (2005). Solving physics problems with the help of computer-assisted instruction. *International Journal of Science Education*, 27(4), 451-469.
32. Viiri, J. et Saari, H. (2004). Research-based teaching unit on the tides. *International Journal of Science Education*, 26(4), 463-481.
33. Yip, D.-Y. (2005). Analysing laboratory manuals for an investigative approach. *Teaching Science*, 51(3), 34-38.



Centre de recherche sur l'enseignement
et l'apprentissage des sciences
Université de Sherbrooke

ANNEXE 2 – LA GRILLE D'ANALYSE

Fiche numéro : ____

Analyse réalisée par **Patrick Roy**

Grille d'analyse de la documentation scientifique qui s'intéresse aux manuels de sciences et technologies ou à leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires en sciences et technologies³⁹

Élaborée par :

Patrick Roy

© CREAS mars 2009

³⁹ Cette grille est une version adaptée de la *Grille d'analyse de la documentation scientifique portant sur la conceptualisation et la modélisation en enseignement des sciences* de Haşni (2005b).

A. INFORMATIONS RELATIVES AUX CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'ÉTUDE

1. Référence :
2. Institution(s) d'attache de(s) l'auteur(s) :
3. Lieu de réalisation de la recherche (s'il y a lieu) :
4. Ordre d'enseignement et niveau scolaire considérés

Ordre d'enseignement	Niveau scolaire
Primaire <input type="checkbox"/>	
Secondaire <input type="checkbox"/>	
Autre (précisez) <input type="checkbox"/>	

5. Domaine(s) disciplinaire(s) concerné(s)

.....

B. INFORMATIONS RELATIVES AUX OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

6. Quels sont les objectifs poursuivis par les chercheurs pour l'étude des manuels scolaires ou leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires?

6.1. Énonciation des objectifs

Non présentés ☐ Présentés explicitement ☐ À travers le texte ☐

6.2. Nature des objectifs

- a) Objectifs en lien avec la **représentation des savoirs disciplinaires** dans les manuels scolaires de sciences et technologies (manuel comme objet d'étude) ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

- b) Objectifs en lien avec l'**usage des manuels scolaires** de sciences et technologies par les **enseignants** (manuel comme outil) ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

- c) Objectifs en lien avec l'**usage des manuels scolaires** des manuels scolaires de sciences et technologies par les **élèves** (manuel comme outil) ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

d) Autres types d'objectifs ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

C. INFORMATIONS RELATIVES AU CADRE DE RÉFÉRENCE DE L'ÉTUDE

7. Sur quels types de cadres de référence les chercheurs se sont appuyés pour orienter leurs études?

7.1. Énonciation du cadre de référence

Non énoncé ☐ Énoncé explicitement ☐ À travers le texte ☐

7.2. Nature du cadre de référence

a) Cadre de référence basé sur des **savoirs disciplinaires** ☐

1 Cadre de référence basé sur des savoirs qui composent la "structure disciplinaire" ☐

Précisez les principaux concepts et les auteurs cités (s'il y a lieu)

2 Cadre de référence basé sur des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école ☐

Précisez les principaux concepts et les auteurs cités (s'il y a lieu).....

3 Cadre de référence basé sur des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques ☐

Précisez les principaux concepts et les auteurs cités (s'il y a lieu).....

b) Cadre de référence basé sur des **approches pédagogiques** pour favoriser les apprentissages disciplinaires ☐

Précisez les principaux concepts et les auteurs cités (s'il y a lieu)

c) Cadre de référence basé sur des **concepts ou des théories en éducation** ☐

Précisez les principaux concepts et les auteurs cités (s'il y a lieu)

D. INFORMATIONS RELATIVES AUX ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES DE L'ÉTUDE

8. Quelle méthodologie a été utilisée par les chercheurs pour analyser les manuels scolaires ou leur utilisation par les enseignants et les élèves du point de vue des savoirs disciplinaires?

8.1. L'échantillon

- a) Énonciation de l'échantillon : Précisé ☐ Non précisé ☐
- b) Nature de l'échantillon : Manuel scolaire ☐ Enseignant ☐ Élèves ☐

Décrire l'échantillon (s'il y a lieu).....

8.2. Mode d'échantillonnage

- a) Énonciation du mode d'échantillonnage Précisé ☐ Non précisé ☐
- b) Nature du mode d'échantillonnage

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Échantillonnage de convenance | <input type="checkbox"/> |
| Échantillonnage accidentel | <input type="checkbox"/> |
| Échantillonnage par choix raisonné | <input type="checkbox"/> |
| Aucun mode d'échantillonnage | <input type="checkbox"/> |
| Mode d'échantillonnage non spécifié | <input type="checkbox"/> |

Décrire le mode d'échantillonnage (s'il y a lieu).....

8.3. Procédure de recueil des données utilisée

- | | |
|---|--------------------------|
| Enregistrement audio (sonore seulement) (EA) | <input type="checkbox"/> |
| Enregistrement vidéo (EV) | <input type="checkbox"/> |
| Entrevue (ENT) | <input type="checkbox"/> |
| Grille d'analyse (GA) | <input type="checkbox"/> |
| Observation directe en classe (en "pressentie") (OD)) | <input type="checkbox"/> |
| Questionnaire (Q) | <input type="checkbox"/> |
| Recueil d'artefacts (RA) | <input type="checkbox"/> |
| Non spécifiée (NS) | <input type="checkbox"/> |

Précisez la procédure de recueil des données (s'il y a lieu).

.....

8.4. Procédure d'analyse des données utilisée

Type d'analyse	Énoncé explicitement*	Présente, mais non énoncée
Analyse qualitative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Analyse quantitative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Analyse mixte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre (précisez)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Précisez la procédure d'analyse des données (s'il y a lieu).....

E. INFORMATIONS RELATIVES AUX RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

9. Quels sont les principaux résultats qui se dégagent de l'étude en lien avec les objectifs ciblés?

- a) Résultats en lien avec la **représentation des savoirs disciplinaires** dans les manuels scolaires de sciences et technologies (manuel comme objet d'étude) ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

- b) Résultats en lien avec l'**usage des manuels scolaires** de sciences et technologies par les **enseignants** (manuel comme outil) ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

- c) Résultats en lien avec l'**usage des manuels scolaires** de sciences et technologies par les **élèves** (manuel comme outil) ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

- d) Autres types de résultats ☐

Lesquels (s'il y a lieu)?.....

F. SYNTHÈSE

10. Résumé de l'article (10 lignes maximum)

.....

**ANNEXE 3 – LISTE DES REVUES SPÉCIALISÉES EN ÉDUCATION
SCIENTIFIQUE CONSULTÉES POUR LA CONSTRUCTION DE
L'ÉCHANTILLON**

1. *Australian Science Teachers Journal*
2. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*
3. *International Journal of Science Education*
4. *International Journal of Science and Mathematics Education*
5. *Instructional Science : An International Journal of the Learning Sciences*
6. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*
7. *Journal of Elementary Science Education*
8. *Journal of Science Education and Technology*
9. *Journal of Science Teacher Education*
10. *Journal of the Learning Sciences*
11. *Journal of Research in Science Teaching*
12. *Research in Science Education*
13. *Research in Science and Technological Education*
14. *Science Education*
15. *Science and Education*
16. *Science and Children*
17. *School Science and Mathematics*
18. *School Science Review*
19. *Science Scope*
20. *Science Teacher*
21. *Studies in Science Education*
22. *Teaching Science*

**ANNEXE 4 – LISTE DES MOTS CLÉS UTILISÉS POUR GÉNÉRER LES
ARTICLES DANS LES BASES DE DONNÉES *ERIC* ET *FRANCIS***

Mots clés français	Mots clés anglais
<p>Ensemble didactique</p> <p>Guide, guide d'enseignement guide de l'enseignant, guide pédagogique</p> <p>Manuel, manuel scolaire, manuel éducatif, manuel de l'enseignant, manuel de l'élève</p> <p>Matériel didactique, matériel d'enseignement, matériel éducatif, matériel pédagogique</p> <p>Ressource didactique, ressource éducative, ressource d'enseignement, ressource pédagogique</p>	<p><i>Educative-material, educative-resource, educative-material, educative-manual, educative-guide, educative-text</i></p> <p><i>Child-material, child-resource, child-manual</i></p> <p><i>Curricul-material, curricul-resource, curricul-manual, curricul-guide. Curricul-text</i></p> <p><i>Learn-material, learn-resource, learn-manual, learn-guide, learn-text</i></p> <p><i>Pedagogic-material, pedagogic-resource, pedagogic-manual, pedagogic-guide, pedagogic-text</i></p> <p><i>Student-material, student-resource, student-manual</i></p> <p><i>Teach-material, teach-resource, teach-manual, teach-guide, teach-text</i></p> <p><i>Textbook</i></p>

ANNEXE 5 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES D'OBJECTIFS DES ÉTUDES ANALYSÉES

Catégorie 1. Représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies

Cette catégorie réfère au rapport qu'ont les manuels scolaires avec les savoirs disciplinaires de sciences et technologies. Elle inclut les trois catégories de savoirs qu'il est nécessaire de faire acquérir aux élèves du primaire et du secondaire en sciences et technologies (Hasni *et al.*, 2009a): 1° les savoirs qui composent la structure disciplinaire et qui renvoient aux savoirs conceptuels (concepts, modèles, lois, etc.) et aux processus qui servent à la production et à la validation des savoirs (que l'on a désigné sous l'appellation de savoirs procéduraux dans ce mémoire) comme les démarches à caractère scientifique et technologique et les habiletés de recherche intellectuelles ou manuelles; 2° les savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école qui considèrent par exemple, le lien entre les savoirs disciplinaires et les contextes réels de la vie, la mobilisation des savoirs pour améliorer la qualité de vie des individus ou encore la mobilisation des savoirs pour mieux comprendre l'influence des sciences et des technologies au cœur des enjeux sociaux et être en mesure de prendre position relativement à ceux-ci; 3° les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques qui renvoient à la dimension épistémologique des savoirs et qui considèrent par exemple, le travail des scientifiques, l'accession aux savoirs scientifiques, les liens entre l'activité scientifique et le monde, etc. Elle se décline selon les trois sous-catégories suivantes.

1.1 Représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire

Ex.: « *This article reports on how well ideas concerning matter cycling and energy flow in ecosystems are treated in the textbook series examined.* » (Stern et Roseman, 2004, p. 540).

1.2 Représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école

Ex.: « *The purpose of this study was to analyze five high school biology text to determine the emphasis given to four themes [...] (d) science and its interactions with technology and society* » (Chiappetta et Fillman, 2007, p. 1848).

1.3 Représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques

Ex.: « *The study was guided by the following questions : (1) How is NOS⁴⁰ represented in high school chemistry textbooks that span the past four decades? (2) Have these representations of NOS changed during the past four decades? (3) To what extent do these changes, if any, reflect changes in scholarship about NOS?* » (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008, p. 836)

40 Les dimensions « empirical », « inferential », « creative » et « theory-driven » qui renvoient à la vision de l'activité scientifique figurent parmi les aspects de la nature des sciences qui ont été considérés par les auteurs pour l'analyse des manuels scolaires.

Catégorie 2. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants

Cette catégorie réfère à la manière dont les enseignants utilisent les manuels scolaires dans le contexte de l'enseignement des savoirs disciplinaires en sciences et technologies. Elle inclut par exemple, la manière dont les enseignants adaptent les manuels scolaires pour favoriser les apprentissages disciplinaires ou la motivation des élèves, les effets des manuels scolaires sur les pratiques d'enseignement et la construction de l'identité professionnelle des enseignants à travers l'utilisation des manuels scolaires de sciences et technologies. Elle se décline selon les deux sous-catégories suivantes.

2.1 Modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants

Ex.: « *The objectives of this study were to investigate the ways in which preservice elementary teachers critique and adapt science curriculum materials dealing with SSI and to identify factors that mediate this process. The research questions are: [...] 2° What factors mediate preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials, particularly in respect to SSI?* » (Forbes et Davis, 2008b, 832)

2.2 Usage des manuels scolaires et construction de l'identité professionnelle

Ex.: « *Given the calls for research on the relationship between teacher characteristics, including identity, and teachers' use of curriculum materials (Remillard, 2005), we undertook research aimed at better understanding how preservice elementary teachers construct a teaching identity as they learn to use science curriculum materials. Specifically, we asked, 1° How do preservice elementary teachers conceptualize their role identity in respect to curriculum materials? 2° How do preservice elementary teachers' curricular role identities develop through their use of science curriculum materials at this early stage along the teacher professional continuum?* » (Forbes et Davis, 2008a, p. 911)

Catégorie 3. Usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves

Cette catégorie réfère à la manière dont les élèves utilisent les manuels scolaires dans le contexte de l'enseignement et de l'apprentissage des savoirs disciplinaires en sciences et technologies. Elle inclut aussi les effets de l'utilisation des manuels scolaires sur les apprentissages disciplinaires et les attitudes des élèves. Elle se décline selon les deux sous-catégories suivantes.

3.1 Usage des manuels scolaires et apprentissage chez les élèves

Ex.: « *The research questions for this document are : Given the observation that the document seems to capitalize on, if not to reinforce, the fact that energy is strongly associated by children with visible motion, how do the pupils [...] How will the pupils respond to the naturalistic conceptual structure of the document?* » (Stylianidou et al., 2002, p. 261)

3.2 Usage des manuels scolaires et attitudes comportementales des élèves

Ex.: « *In Experiment 1, we were interested in three kinds of gains related to students' science learning experiences—[...] attitudes toward science. We posed the following questions: [...] Attitudes Toward Science—Would students express more enthusiasm for inquiry and science when they engaged in active learning compared to traditional instruction, as indicated in self-reports of their learning experiences?* » (Taraban et al., 2007, p. 964)

ANNEXE 6 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES CADRES DE RÉFÉRENCE DES ÉTUDES ANALYSÉES

Catégorie 1. Cadre de référence basé sur des savoirs disciplinaires

Cette catégorie se compose des cadres de référence dont les principaux concepts retenus par les auteurs renvoient à l'une ou l'autre des trois catégories de savoirs qu'il est nécessaire de faire acquérir aux élèves du primaire et du secondaire en sciences et technologies (Hasni *et al.*, 2009a) telles que décrites dans le tableau de l'annexe 5. Elle se décline selon les trois sous-catégories suivantes.

1.1 Cadre de référence basé sur des savoirs qui composent la structure disciplinaire en sciences et technologie

Dans cette sous-catégorie, les concepts retenus par les auteurs renvoient à des savoirs conceptuels (comme par exemple les concepts de “volcan”, de “séisme” et de “plaque tectonique” retenus dans le cadre de référence de l'étude n° 24) ou des savoirs procéduraux (comme par exemple le concept d’“investigation scientifique” retenu dans le cadre de référence de l'étude n° 1).

1.2 Cadre de référence basé sur des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école

Ex.: Dans les études n° 7 et 17, le concept retenu par les auteurs dans leur cadre de référence renvoie aux interactions entre les sciences, la société et la technologie.

1.3 Cadre de référence basé sur des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques

Ex.: Dans les études n° 1, 17 et 19, le concept retenu par les auteurs dans leur cadre de référence renvoie à la nature des sciences.

Catégorie 2. Cadre de référence basé sur des approches pédagogiques

Cette catégorie se compose des cadres de référence dont les principaux concepts retenus par les auteurs renvoient à des approches pédagogiques utilisées pour l'enseignement des savoirs disciplinaires. Cette catégorie inclut les approches d'enseignement qui recourent à des applications informatiques.

Ex. 1 : Dans l'étude n° 1, le concept retenu par les auteurs dans leur cadre de référence renvoie aux « *explicit versus implicit approaches to addressing nature of science* ».

Ex. 2 : Dans l'étude n° 31, le concept retenu par les auteurs dans leur cadre de référence renvoie à l'utilisation d'une approche d'enseignement qui recourt à un logiciel (*computer program NatHint-based instruction*) pour favoriser l'enseignement du concept de “force” en physique.

Catégorie 3. Cadre de référence basé sur des concepts ou des théories en éducation

Cette catégorie se compose de l'ensemble des cadres de référence dont les principaux concepts retenus par les auteurs renvoient à des concepts ou des théories en éducation. Elle se décline selon les deux sous-catégories suivantes.

3.1 Cadre de référence basé sur des concepts ou des théories en éducation scientifique

Ex : Dans l'étude n° 9, le concept retenu par les auteurs dans leur cadre de référence renvoie aux « *epistemic practices as socially constructed conceptual change* ».

3.2 Cadre de référence basé sur des concepts ou des théories dans d'autres domaines que l'éducation scientifique

Ex : Dans l'étude n° 17, le concept retenu par les auteurs dans leur cadre de référence renvoie au « *framework of functional grammar of Halliday* ».

Catégorie 4. Aucun cadre de référence

Cette catégorie se compose des études qui ne comportent pas de cadre de référence.

ANNEXE 7 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES MODES D'ÉCHANTILLONNAGE DES ÉTUDES ANALYSÉES SELON FORTIN (1996)

Catégorie 1. Échantillonnage de convenance

L'échantillonnage de convenance est une technique selon laquelle les sujets de l'étude sont déterminés sur la base du principe du volontariat pour faire partie de l'échantillon.

Ex. : Dans l'étude n° 11, les chercheurs ont sélectionné des futurs enseignants du primaire sur la base du principe du volontariat : « *At the beginning of the term, preservice teachers from both sections of the course were asked to participate in the study. Of the 53 preservice teachers in the two sections, 47 consented to later analysis of their survey responses and coursework* » (Forbes et Davis, 2008a, p. 914).

Catégorie 2. Échantillonnage accidentel

L'échantillonnage accidentel est formé d'objets ou de sujets qui sont facilement accessibles et présents à un endroit déterminé, à un moment précis.

Ex. 1 : Dans l'étude n° 23, les chercheurs ont retenu des manuels scolaires de sciences et technologies sur la base de leur facilité d'accès sur le marché de l'édition à une période donnée : « *In the UK, the selection of classroom textbooks is generally a matter for the teacher or school. There are generally no collective agreements on book adoption as evidence of book use. These books included most that are currently available and represented the output of the major UK publishers in this subject. The books had often been reprinted, which is taken to indicate that they are in use* » (Newton et Newton, 2007, p. 202).

Ex. 2 : Dans l'étude n° 9, les chercheurs ont sélectionné des futurs enseignants inscrits dans un programme de formation initiale des maîtres dans une université où a eu lieu l'étude en question : « *The teacher was engaged in on-going professional development in the form of a professional learning community guided by a university faculty member; this study took place in conjunction with professional development work, providing access to the classroom in partnership with the local school district* » (Enfield et al., 2008, p. 613).

Catégorie 3. Échantillonnage par choix raisonné

L'échantillonnage par choix raisonné est une technique qui repose sur le jugement du chercheur pour constituer un échantillon d'objets ou de sujets en fonction de leurs caractères typiques.

Ex. 1 : Dans l'étude n° 19, les chercheurs ont sélectionné des manuels scolaires de sciences et technologies sur la base de la diversité des représentations des savoirs disciplinaires qu'ils contiennent : « *Therefore, five textbooks (see annexe), with different amounts of historical material, were selected to be analysed. This set of textbooks includes two low secondary school physics textbooks (A and B) by different authors and publishers, three high school physics textbooks by different authors and publishers (C, D and E) and two*

textbooks by the same authors and publisher but directed to the two different levels of secondary school (A and D). These criteria were adopted because, as it was already mentioned, the low secondary school syllabus does not explicitly mention the nature and history of science whilst the high secondary school syllabus explicitly mentions it » (Leite, 2002, p. 347).

Ex. 2 : Dans l'étude n° 6, les chercheurs ont sélectionné des manuels scolaires de sciences et technologies sur la base de leur fréquence d'utilisation auprès des enseignants : *« The criterion for textbook selection was to utilise mostly those used in the Northern region of Portugal » (Carvalho et al., 2007, p. 175).*

Ex. 3 : Dans l'étude n° 11, les chercheurs ont sélectionné des enseignants de manière à s'assurer d'avoir une diversité au regard de certaines variables (sexe, origine ethnique, nombre d'années d'expérience, manuels scolaires utilisés, etc.) : *« We chose these 11 preservice teachers by employing maximum variation sampling (Patton, 2001), the goal of which was to maximize variation across characteristics of interest. Given the similar experiences the preservice teachers were expected to have in the methods course itself, we attempted to garner participation from preservice teachers who varied in their field placement schools and the types of science curriculum materials with which they would work. Variation was also sought for gender and ethnicity to the extent possible within a population of preservice teachers that is usually quite homogeneous (NCES, 2003) » (Forbes et Davis, 2008a, p. 914).*

Ex. 4 : Dans l'étude n° 31, les chercheurs ont sélectionné des élèves sur la base de leurs résultats scolaires et de leur accessibilité à une connexion Internet à la maison : *« A group of 16-year-old pupils was selected from two physics classes at a school with average physics examination results. Most of the pupils in this school have a home Internet connection, but a fast Internet connection (cable or ADSL) is needed for the use of NatHint. Selection was made on the basis of the availability of a fast Internet connection at home » (Uclo et al., 2005, p. 455).*

Catégorie 4. Aucun mode d'échantillonnage

Aucun mode d'échantillonnage n'a été utilisé, car c'est la population qui a été prise en compte.

Ex. : Dans l'étude n° 18, les chercheurs ont sélectionné l'ensemble des manuels scolaires de sciences et technologies grecs du primaire : *« The textual corpus gathered consists of all the textbooks used for the teaching of natural sciences. The textbooks correspond to the six years of the Greek primary school, where each year corresponds to one grade » (Korfiatis et al., 2004, p. 74).*

Catégorie 5. Mode d'échantillonnage non spécifié

Aucun critère particulier n'est précisé dans l'étude pour effectuer la sélection des objets ou des sujets en vue de construire l'échantillon.

Ex.1 : Dans l'étude n° 16, les chercheurs ne spécifient pas les critères de sélection des manuels scolaires de sciences et technologies qu'ils analysent : *« Nine textbooks from Brazil and three from the UK (14-16 years olds) were analysed by applying the descriptions of the historical models of the atom given above » (Justi et Gilbert, 2000, p. 999).*

Ex. 2 : Dans l'étude n° 13, les chercheurs ne spécifient pas les critères de sélection des enseignants retenus pour les entrevues : *« Twenty high school chemistry teachers with over 10 years of experience were interviewed » (Furio-Mas et al., 2005, p. 1345).*

ANNEXE 8 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES PROCÉDURES DE RECUEIL DES DONNÉES DES ÉTUDES ANALYSÉES

Catégorie 1. Enregistrement audio

L'enregistrement audio est une procédure de recueil des données qui consiste à recueillir des données sur le discours de sujets à l'aide d'un appareil à enregistrement sonore.

Ex.: Dans l'étude n° 18, les chercheurs ont enregistré, à l'aide d'un appareil audio numérique, les discussions entre un enseignant et ses élèves dans le cadre d'un laboratoire de sciences : « *Laboratory talk was recorded using a small digital audio-recorder carried by the teacher. Although students were aware that the lesson was being recorded, they were also not constantly reminded of it* » (Tan, 2008, p.1666).

Catégorie 2. Enregistrement vidéo

L'enregistrement vidéo est une procédure de recueil des données qui consiste à recueillir des données sur les comportements (ou sur le discours) de sujets à l'aide d'un caméscope.

Ex.: Dans l'étude n° 9, les chercheurs ont enregistré, à l'aide d'un caméscope, une douzaine de leçons de sciences : « *The primary sources of data were the curriculum materials and videotape of the curriculum enactments. During the spring of 2005, as part of larger studies of curriculum development, 12 lessons of the Motion Unit were video recorded* » (Enfield et al., 2008, p. 615).

Catégorie 3. Entrevue

L'entrevue est une procédure de recueil des données selon laquelle les données sont obtenues auprès de sujets à partir de questionnaires structurés remplis au moment de l'entrevue, en personne ou par téléphone. Ici nous considérons trois types d'entrevue : l'entrevue structurée, l'entrevue semi-structurée et l'entrevue non-structurée. L'entrevue structurée est celle qui requiert le maximum de contrôle sur le contenu, le déroulement, l'analyse et l'interprétation de la mesure. Dans ce type d'entrevue, le chercheur prépare d'avance les questions. Elles sont des questions fermées, soit des questions dont les réponses ont été déterminées à l'avance. L'entrevue non-structurée est celle pour laquelle la formulation et la séquence des questions ne sont pas prédéterminées, mais laissées à la discrétion du chercheur. Entre les deux, il y a l'entrevue semi-structurée qui comporte des questions fermées mais qui laisse la possibilité au chercheur de poser d'autres questions afin de recueillir des données complémentaires.

Ex.: Dans l'étude n° 13, les chercheurs ont recouru à des entrevues semi-structurées pour interroger des enseignants de chimie du secondaire : « *Twenty high school chemistry teachers with over 10 years of experience were interviewed. The interviews were semi-structured in that although there was a list of questions to ask in each interview, the interviewer could deviate from the list to pursue any interesting comments* » (Furio-Mas et al., 2005, p. 1345).

Catégorie 4. Grille de recueil des données

La grille de recueil des données est un outil qui permet de recueillir des données à l'aide de mots-clés. Elle sert principalement à sélectionner des extraits dans les manuels scolaires en lien avec l'objet d'étude.

Ex. : Dans l'étude n° 22, les chercheurs ont recouru à une grille de recueil des données pour recueillir des données sur les hormones sexuelles dans les manuels scolaires de sciences et technologies : « *For each of the texts (Table 1), the subject material on steroid hormones and their roles in sex differences in humans and other vertebrate animals was located using the textbook index. Specifically, the words "hormone", "testosterone", "oestrogen", "progesterone", and "sex hormone" were located. Additionally, the texts were examined to determine if the terms were present in the text in sections not listed in the index* » (Nehm et Young, 2008, p. 1179).

Catégorie 5. Observation directe en classe

L'observation directe en classe consiste à recueillir des données sur les comportements de sujets à l'aide d'un plan d'observation préalablement déterminé et qui tient compte des objectifs de l'étude et des hypothèses à vérifier. Les observations peuvent être notées lorsque le comportement se présente ou plus tard si celui-ci est enregistré à l'aide d'un support matériel (sur une bande vidéo par exemple). Il s'agit d'une observation où « le chercheur procède directement lui-même au recueil des informations, sans s'adresser aux sujets concernés » (Quivy et Van Campenhoudt, 1995, p. 164).

Ex.: Dans l'étude n° 11, les chercheurs ont recouru à l'observation directe en classe pour observer les pratiques d'enseignement effectives de futures enseignants du primaire : « *Each of the eight preservice teachers was observed enacting one or two of their reflective teaching science lessons in their placement classroom and participated in a postenactment interview* » (Forbes et Davis, 2008a, p. 916)

Catégorie 6. Questionnaire

Le questionnaire est un instrument comportant un ensemble d'énoncés ou des questions qui peuvent prendre diverses formes (à choix multiples, à réponses courtes ou à réponses élaborées). Il est destiné à recueillir des données de manière à évaluer, à l'aide d'une échelle de mesure, les aptitudes, le rendement, les attitudes de sujets etc. En tant qu'outil de collecte de données, le questionnaire nécessite normalement des réponses écrites de la part de sujets et il est rempli par les sujets eux-mêmes, sans assistance.

Dans l'étude n° 24, les chercheurs ont recouru à un questionnaire pour recueillir des données sur les perceptions des élèves au regard de l'utilisation d'une application informatique : « *Additionally, a questionnaire consisting of four multiple choice and six open-ended questions was administered to all students who were taught using GIS. The purpose of this survey was to gather qualitative data regarding students' perceptions of GIS. This data could then be used to improve the GIS activities for the future as well as to determine whether or not GIS is a tool that students enjoyed using and felt they learned from* » (Purcell et al., 2006, p. 26).

Catégorie 7. Recueil d'artéfacts

Le recueil d'artéfacts est une procédure de recueil des données qui consiste à recueillir des produits matériels qui ont été élaborés par des sujets par exemple, des notes de cours d'enseignants ou des productions d'élèves.

Dans l'étude n° 9, les chercheurs ont analysé les productions des élèves : « *Other sources of data included*

teacher interviews following lesson enactments and student-produced artefacts » (Enfield et al., 2008, p. 615)

Dans l'étude n° 12, les chercheurs ont analysé les planifications de cours, les journaux de bord et les discussions en ligne des enseignants : « *Additional data sources from the methods course included preservice teachers' coursework, journals, and online discussion threads. All preservice teachers in the course, including the four here, completed approximately 15 journal entries and participated in an equal number of separate online discussion threads over the course of the semester, none of which were explicitly focused on SSI* » (Forbes et Davis, 2008b, p. 833).

Catégorie 8. Non précisée

Rien d'indique dans l'étude la manière avec laquelle les données ont été recueillies.

ANNEXE 9 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES PROCÉDURES D'ANALYSE DES DONNÉES DES ÉTUDES ANALYSÉES SELON MILES ET HUBERMAN (2003)

Catégorie 1. Analyse qualitative

Selon Miles et Huberman (2003), une analyse qualitative se compose d'au moins trois étapes : la condensation des données, la présentation des données et l'élaboration/vérification des conclusions. La condensation des données renvoie à l'ensemble des processus qui visent à sélectionner, à simplifier et à transformer des données « brutes » recueillies sur terrain. Avant que le chercheur procède au recueil effectif des données, les données subissent déjà une condensation anticipée lorsque celui-ci décide fait des choix quant au cadre conceptuel qu'il va adopter, aux questions de recherche qui orienteront son investigation et aux modes de recueil des données auquel il va recourir. Lors du recueil des données, des phases de condensation plus explicites apparaissent tels : le résumé, le codage, le repérage de thème, les regroupements, etc. Le processus de condensation des données se poursuit également après le recueil des données jusqu'à la rédaction du rapport final. La seconde étape revoie à la présentation des données. Il s'agit ici pour le chercheur de choisir le format de présentation le plus approprié. Si la forme la plus fréquente de présentation des données qualitatives est le texte narratif, les chercheurs recourent souvent à d'autres formats de présentation plus appropriés pour synthétiser l'information : matrice, graphiques, diagrammes et tableaux. Parfois, on recourt à la quantification des données en chiffre ou en degré d'intensité. L'élaboration et la vérification des conclusions constituent la troisième étape de l'analyse qualitative. Au début du recueil des données, le chercheur commence à décider du sens des choses, il note les régularités, les « patterns », les explications, les configurations possibles, les flux de causalité, et les propositions. Au cours du recueil des données, les conclusions se précisent. Elles sont d'abord vagues et informes, puis de plus en plus explicites et enracinées. Les conclusions « finales » n'apparaissent seulement qu'une fois le processus de recueil des données terminé. Les conclusions doivent être vérifiées tout au cours du processus d'analyse. La vérification des conclusions se fait par le chercheur lui-même lorsqu'il fait des allers-retours entre les données recueillies sur le terrain et les conclusions qu'il tire mais aussi par un processus plus rigoureux et élaboré lors d'une validation interjuge entre collègues visant à développer un « consensus intersubjectif », ou par un travail plus approfondi de reproduction des résultats. Les significations qui se dégagent des données doivent être testées quant à leur plausibilité, leur solidité, leur « confirmabilité », en un mot leur validité sinon on se retrouve avec des récits intéressants, dont on ignore la véracité et l'utilité.

Ex. 1 : « *Content analysis (Krippendorff, 2004) served as the methodological framework for the study. For each of the texts (Table 1), the subject material on steroid hormones and their roles in sex differences in humans and other vertebrate animals was located using the textbook index. Specifically, the words "hormone", "testosterone", "estrogen", "progesterone", and "sex hormone" were located. Additionally, the texts were examined to determine if the terms were present in the text in sections not listed in the index. The text containing these terms was scrutinized for de-contextualized empirical accuracy (e.g., was a single sentence defining a hormone empirically accurate?). Subsequently, the surrounding text, chapter sections, and the entire chapter were scrutinized for contextual accuracy (e.g., does the definition of hormone presented earlier match the use and application of the term in the surrounding text?). Finally, concept maps (sensu Novak and Gowin, 1984) were constructed to visually display and summarize the conceptual interrelationships presented in the texts* » (Nehm et Young, 2008, p. 179).

Ex. 2 : « *To analyse the organization of student-teacher interaction in the science laboratory, language remains the key focus when analysing the talk. Talk here is not seen as just merely 'talk'; it is seen as a structured way in which meaning is constructed and also as a medium through which social interaction*

takes place. It is not merely a communication tool, but a means for the participants to co-construct the meaning of the talk that is generated by witnessing and contributing. Analysing transcripts hence allows for principled, publicly available methods of analysis for examining how actual educational events occur and what were the consequences of their occurrence in those ways. Before I delve into the details of the microanalysis, it is meaningful to highlight the key events in what I refer to as the pre-microanalytic phase. After transcription of the audio-recordings, all the transcripts are labelled. All transcripts are examined to get a general sense of what lessons are like in the laboratory. This 'macro' perspective of the lessons helps to identify the focus of each lesson, and also the general style and norms in the laboratory (Mortimer & Scott, 2003). When examining the transcripts at this stage, episodes that appear unusual are marked for further exploration » (Tan, 2008, p. 1668).

Catégorie 2. Analyse quantitative

Par analyse quantitative, nous entendons une analyse où les chercheurs recourent à une instrumentation ou à une procédure quantitative pour mesurer des phénomènes. Gall, Gall et Borg (2005) mentionnent trois types de recherche dans lesquelles les chercheurs recourent généralement à des analyses quantitatives : les recherches descriptives, relationnelles et expérimentales. Les recherches descriptives visent à explorer des relations entre des variables. C'est le cas par exemple des *causal-comparative research* et des *correlational-research*. Pour Gall *et al.* (2005), les *causal-comparative research* « seeks to discover possible causes and effects of a personal characteristic or behavior pattern by comparing individuals in whom it is present with individuals in whom it is absent or present to a lesser degree » (*Ibid.*, p. 545) tandis que les *correlational-research* « seeks to discover the description and degree of the relationship among variables through the use of correlational statistics » (*Ibid.*, p. 546). Les recherches relationnelles visent à observer des relations entre des variables qui n'ont pas encore été manipulées par le chercheur. Enfin, les recherches expérimentales visent à mesurer les effets d'une ou de plusieurs variables sur un ensemble de variables.

Ex.: «*This study was conducted with students with a primary diagnosis of serious emotional disturbance (SED). Because students with SED often have difficulties interacting with teachers and peers, the students remained in their existing classrooms throughout this study. Therefore, the students were not randomly assigned to treatment conditions (hands-on vs. textbook). It should be noted that the ability to generalize the results may be somewhat limited due to the nonrandom nature of the sample. However, the two classroom teachers were randomly assigned to the hands-on or textbook conditions by a coin toss. A multivariate analysis was conducted. The within-subject factor or dependent measure was achievement with three levels: hands-on, multiple choice, and short answer. For each of the three achievement tests, a difference score was computed by subtracting the pretest score from the posttest score. Because the overall multivariate analysis was significant at the 0.05 level, univariate tests were conducted to determine group differences on the three individual measures. The between-group factor, or independent variable, was type of teaching method with two levels: hands-on and textbook. The between-group effect of teaching method examined any differences between the two groups on all three measures of science achievement. In order to answer the question of whether the students in the textbook or hands-on, thematic program exhibited more negative behaviors, a t-test was conducted. Additionally, Level 1–3 infractions were counted and compared between the groups* » (McCarthy, 2005, p. 252).

Catégorie 3. Analyse mixte

Selon Miles et Huberman (2003), une analyse mixte combine à la fois l'analyse qualitative et l'analyse quantitative. On peut établir la relation entre les méthodes qualitatives et quantitatives à trois niveaux (Miles et Huberman, 2003) : le premier niveau est la quantification qui implique que l'information qualitative est soit comptabilisée directement (par exemple le nombre de fois qu'une définition d'un concept apparaît dans un manuel scolaire) ou soit convertie sur une échelle de mesure (par exemple dans la classe où l'enseignant a recouru à une approche pédagogique particulière, les élèves ont eu une « compréhension élevé » des phénomènes à l'étude). Le deuxième niveau est la relation établie entre des types distincts de données, où l'information qualitative (qui émane par exemple d'un entretien non directif) est comparée à des données

numériques (mettons un questionnaire remplie par la même personne). Enfin, le troisième niveau relève du devis de recherche où des approches multi-méthodes sont utilisées par les chercheurs pour comprendre le phénomène à l'étude. Ainsi, cette catégorie se décline selon les trois sous-catégories suivantes.

Niveau 1 : L'information qualitative est soit comptabilisée directement ou soit convertie sur une échelle de mesure (cas de l'analyse de contenu).

Ex. :

« A detailed scoring rubric was developed for purposes of this study. The rubric targeted the aforementioned 10 aspects of NOS (see Table 1). Selected materials from a textbook were not analyzed and/or scored independently. All such materials (e.g., chart on the "scientific method" and associated text, narrative on the historical development of atomic structure, sections on the interaction between science and society, or bulleted text, activity boxes, and vignettes relevant to one or more NOS aspects) were carefully read and all NOS aspects addressed in these sections were identified. Next, all references and materials targeting the same NOS aspect were grouped together and examined holistically. In other words, the score assigned to a specific NOS aspect within a textbook was based on an examination of all materials relevant to that aspect within the examined textual materials » (Abd-El-Khalick et al., 2008, p. 841).

Niveau 2 : Mise en relation entre des types distincts de données : l'information qualitative est comparée à des données numériques.

Aucune étude n'a recouru à ce type d'analyse.

Niveau 3 : Des approches multiméthodes sont utilisées par les chercheurs pour comprendre le phénomène à l'étude.

Ex. : *« A quantitative analysis shows that the Korean textbooks contain more inscriptions than the Brazilian or North American (high school biology) textbooks analyzed by others (Pozzer & Roth, 2003) [...] We extract elements of textbooks (inscriptions) to construct semiotic models of reading chemical inscriptions (Figure 4). Two kinds of inscriptions are identified: inscriptions that represent elements of the macroscopic world, for example, a photograph of natural phenomena or an experiment; and inscriptions seem to represent things inaccessible to the naked eye, for example, a molecule » (Han et Roth, 2006, p. 179-183).*

ANNEXE 10 – DESCRIPTION ET ILLUSTRATION DES CATÉGORIES ET SOUS-CATÉGORIES DES RÉSULTATS DES ÉTUDES ANALYSÉES

Catégorie 1. Résultats en lien avec la représentation des savoirs disciplinaires dans les manuels scolaires de sciences et technologies

Cette catégorie se compose des résultats des études analysés qui sont associés aux objectifs des études de la catégorie 1, soient ceux qui renvoient à l'une ou l'autre des trois catégories de savoirs qu'il est nécessaire de faire acquérir aux élèves du primaire et du secondaire en sciences et technologies (Hasni *et al.*, 2009a) et que nous avons décrites dans le tableau de l'annexe 5. Elle se décline selon les trois sous-catégories suivantes:

1.1 Représentation des savoirs qui composent la structure disciplinaire dans les manuels scolaires de sciences et technologies

Ex. 1 : « *Unfortunately, most textbooks fail to make the needed connections. Ideas about matter and energy transformations at the different levels of biological organization are rarely connected to one another* » (Stern et Roseman, 2004, p. 547)

Ex. 2 : « *Teaching biology as a way of investigation even surpasses teaching science as a body of knowledge, where biological concepts, principles, and theories are presented, which was not the case about 15 years ago when many high school biology textbooks were examined* » (Chiappetta *et al.*, 1998, p. 1863).

1.2 Représentation des savoirs en lien avec les problématiques individuelles ou sociales de la vie hors de l'école

Ex.: « *Sixty per cent of the textbooks studied did not offer at least three examples of STS relationships in the presentation of the topic* » (Furio-Mas *et al.*, 2005, p. 1346).

1.3 Représentation des savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques

Ex. 1 : « *Four of the nine Brazilian textbooks analysed assert something about models. However, only two of them define what a 'model' means. The author of one textbook makes the reasonable statement: A model is always a representation of the reality, not the reality itself, that is, it is not a copy of a given system* » (Justi et Gilbert, 2000, p. 999).

Ex. 2: « *Half of the textbooks either did not address (21%) or inadequately addressed (29%) the nature of laws* » (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008, p. 849).

Catégorie 2. Résultats en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les enseignants

Cette catégorie se compose des résultats des études analysés qui sont associés aux objectifs des études de la catégorie 2 et que nous avons décrites dans le tableau de l'annexe 5. Elle se décline selon les deux sous-catégories suivantes.

2.1 Modalités d'utilisation des manuels scolaires par les enseignants

Ex. 1 : « *The preservice elementary teachers exhibited little emotive and intuitive reasoning patterns in their discussions of pesticide use. Rather, their critiques of the lesson, and suggestions for adaptations, were heavily grounded in logic-oriented reasoning about the science content relevant to the lesson. In discussing the advantages and disadvantages of pesticide use* » (Forbes et Davis, 2008b, p. 843)

Ex. 2 : « *Whereas many science concepts can be difficult to make accessible to students with references to their lived experiences, SSI are, by definition, directly relevant to life outside of the classroom. However, students may not necessarily perceive the meaningfulness of a particular SSI to their day-to-day lives or the utility in learning more about it. The preservice teachers acknowledged this and sought to make this link explicit in their modification of the lesson. For the learning goal to be met, students needed to conceptualize humans as vital components of ecological systems* » (Forbes et Davis, 2008b, p. 839)

Ex. 3 : « *These episodes furthermore suggest that the teacher's knowledge is guided by textbook information on acid-base chemistry while the pupils' knowledge is based on direct experimental experience with acids and bases as well as in influence to everyday life* » (Erduran, 2003, p. 85)

2.2 Usage des manuels scolaires et construction de l'identité professionnelle

Ex. 1 : « *Similar to the survey results for Dimension 1, for Dimension 2, curricular role identity for scientific inquiry, the preservice teachers also articulated a fundamental difference between their curricular role identity and that of experienced elementary teachers at the beginning of the semester. Over the course of the semester, they constructed a curricular role identity for scientific inquiry that was more aligned to that which they attributed to experienced elementary teachers* » (Forbes et Davis, 2008a, p. 921).

Ex. 2 : « *Science subject-matter knowledge was, not surprisingly, a primary concern for the preservice teachers. Most of the preservice teachers expressed concerns about their own understanding of particular science concepts. In light of these self-described limitations of their subject-matter knowledge, the preservice teachers each suggested that science curriculum materials could serve as important subjectmatter supports* » (Forbes et Davis, 2008a, p. 926).

Catégorie 3. Résultats en lien avec l'usage des manuels scolaires de sciences et technologies par les élèves

Cette catégorie se compose des résultats des études analysés qui sont associés aux objectifs des études de la catégorie 3 et que nous avons décrites dans le tableau de l'annexe 5. Elle se décline selon les deux sous-catégories suivantes:

3.1 Usage des manuels scolaires et apprentissage chez les élèves

Ex. 1 : « *The Plants Unit materials rarely offer explicit information for students learning epistemic practices of science. Students are asked to make descriptions and collect data, but the material does not explicitly structure or provide a purpose for this for the teacher or students. Thus, it is not surprising that the epistemic practices of collecting data, representing data, and interpreting that data are less prominent in classroom activity. Classroom activity focuses on students' articulating ideas. When students articulate their ideas, their epistemic practices would probably be considered informal in terms of science* » (Enfield et al., 2008, p. 626)

Ex. 2 : « *However, the GIS group performed significantly better on their posttests than the non-GIS group on the map-based questions, indicating that GIS is absolutely more beneficial as a teaching tool than a traditional curriculum when there is a map-based component to the concept being taught* » (Purcell et al, 2006, p. 26)

3.2 Usage des manuels scolaires et attitudes comportementales des élèves

Ex. : « *For Attitudes Toward Learning Science, four of five means favored active learning, and two of these differences were statistically significant. It is worth noting that the statements that did not achieve a statistical advantage were broadly phrased (e.g., 'I like learning'), and that the two statements that did achieve significance were more directly related to the form of instruction that the student had received (i.e., 'I enjoyed learning this material'; 'I am interested in careers in this topic area'). Overall, there was a general trend across all statements, as well as significant effects for the majority of statements, indicating that students favored active learning* » (Taraban et al., 2007)